

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Januar 2004 (22.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/006885 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: A61K 9/00,
9/70, A61L 31/10, 31/14, 31/16, A61K 31/7036, 31/496,
31/435, 31/4178

(74) Anwalt: HAMMER, Jens; Grünecker, Kinkeldey, Stock-
mair & Schwanhäusser, Maximilianstrasse 58, 80538
München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007515

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Juli 2003 (10.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
60/395,167 10. Juli 2002 (10.07.2002) US
60/218,408 14. Juli 2002 (14.07.2002) US
60/218,760 17. Juli 2002 (17.07.2002) US

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): MNEMOSCIENCE GMBH [DE/DE]; CMC, Carl-
strasse 50, 52531 Übach-Palenberg (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): LENDLEIN, An-
dreas [DE/DE]; Sundgauerstr. 142, 14167 Berlin (DE).
STEUER, Susi [DE/DE]; Reutershaweg 25, 52074
Aachen (DE). TULEWEIT, Annika [DE/DE]; Im Johan-
ninstal 3, 52064 Aachen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: SYSTEMS FOR RELEASING ACTIVE INGREDIENTS, BASED ON BIODEGRADABLE OR BIOCOMPATIBLE
POLYMERS WITH A SHAPE MEMORY EFFECT

(54) Bezeichnung: WIRKSTOFFFREISETZUNGSSYSTEME AUF BASIS VON BIOABBAUBAREN ODER BIOKOMPATIB-
LEN POLYMEREN MIT FORMGEDÄCHTNISEFFEKT

(57) Abstract: The invention relates to systems for releasing active ingredients by means of shape memory materials.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft Wirkstofffreisetzungssysteme, die Form-Gedächtnis-Materialien ein-
setzen.

WO 2004/006885 A2

BEST AVAILABLE COPY

Wirkstofffreisetzungssysteme auf Basis von bioabbaubaren oder biokompatiblen Polymeren mit Formgedächtniseffekt

Die vorliegende Erfindung betrifft Wirkstofffreisetzungssysteme auf Basis von bioabbaubaren oder biokompatiblen Polymeren mit Formgedächtniseffekt, Verfahren zur Herstellung der Wirkstofffreisetzungssysteme und Polymere mit Formgedächtniseffekt, die zur Herstellung der Wirkstofffreisetzungssysteme geeignet sind.

Stand der Technik

Wirkstofffreisetzungssysteme, die eine kontrollierte Freisetzung eingeschlossene Wirkstoffe erst am gewünschten Ziel aus ermöglichen, sind seit langem Gegenstand der Forschung. Da die herkömmliche Gabe von Wirkstoffen mit kurzzeitig hohen und anschließend kontinuierlich abfallenden Konzentrationen des Wirkstoffs verbunden ist, treten häufig toxische Wirkstoffkonzentrationen in Kombination mit unerwünschten Wirkungen und unwirksame Konzentrationen ohne die angestrebte Wirkung auf. Dies führte zur Entwicklung von zahlreichen polymeren Freisetzungssystemen, die eine Möglichkeit darstellen, die Sicherheit und Effektivität einer Wirkstoffgabe durch kontrollierte Freisetzung über einen definierten Zeitraum zu erhöhen.

Derartige, teilweise auf dem Markt erhältliche Systeme zeigen allerdings verschiedene Nachteile. Biostabile Implantate müssen beispielsweise nach der Arzneistofffreisetzung durch eine zweite Operation wieder entfernt werden. Bekannte abbaubare Polymersysteme neigen andererseits zu unerwünschten Veränderungen der mechanischen Festigkeit während der Freisetzung, da teilweise schon bei einem sehr geringen Abbaugrad die mechanischen Eigenschaften sehr stark zurückgehen.

Konventionelle Wirkstofffreisetzungssysteme zeigen zusätzlich den Nachteil, dass sperrige Implantate nur mit relativ großem Aufwand implantiert werden können, was insbesondere auch bei Implantaten der Fall ist, die gleichzeitig als Wirkstofffreisetzungssystem agieren sollen. Hier wären Implantate von Vorteil, die eine weniger aufwendige Einführung in den Körper ermöglichen, mit oder ohne zusätzliche Beeinflussung der Wirkstofffreisetzung.

Aufgabe der Erfindung

Daher hat es sich die vorliegende Erfindung zur Aufgabe gestellt, Wirkstofffreisetzungssysteme anzugeben, die die oben geschilderten Nachteile des Standes der Technik zumindest teilweise überwinden. Dabei soll mindestens eine der folgenden beiden Ziele erreicht werden:

1. Eine Steuerung der Wirkstofffreisetzung (Release) ist on-demand möglich
2. Sperrige Implantate können minimalinvasiv eingeführt werden

Die Wirkstofffreisetzungssysteme der vorliegenden Erfindung sollen bevorzugt den eingeschlossenen Wirkstoff je nach Bedarf gleichmäßig über einen bestimmten Zeitraum oder kontrolliert nach Aussetzung gegenüber einem äußeren Reiz freisetzen.

Kurze Beschreibung der Erfindung

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Wirkstofffreisetzungssystem nach Anspruch 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen dieses Systems sind in den Unteransprüchen angegeben. Weiterhin stellt die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung von Wirkstofffreisetzungssystemen zur Verfügung, sowie polymere Materialien, geeignet zum Einsatz in den Wirkstofffreisetzungssystemen.

Kurze Beschreibung der Figuren

Figur 1 zeigt den Einfluß der Wirkstoffbeladung auf die Schmelztemperatur eines Multiblock-copolymers aus Paradioxanon- und Caprolactonsegmenten.

Figur 2 zeigt den Einfluß der Wirkstoffbeladung auf die thermischen Eigenschaften von Caprolacton-co-glycolid-Netzwerken unterschiedlicher Segmentlängen. Figur 3 zeigt das Abbauverhalten amorpher, wirkstoffhaltiger Netzwerke.

Figur 4 zeigt die Wirkstofffreisetzung aus amorphen Netzwerken.

Figur 5 zeigt die Wirkstofffreisetzung aus kristallinen Netzwerken.

Figur 6 veranschaulicht die Methode des Dip-Coatings zur Modifizierung von Wirkstofffrei-

Setzungssystemen.

Figur 7 verdeutlicht den Aufbau von Layer-Systemen.

Figur 8 zeigt die Modifizierung des Release von Gentamicin (G5) durch Dip Coating.

Figur 9 zeigt die Modifizierung des Release von Gentamicin (G5) durch Herstellung von Layer-Systemen.

Figur 10 zeigt unterschiedliche schematische Darstellungen erfindungsgemäßer Wirkstofffreisetzungssysteme

Die Beladung des Multiblockcopolymers basierend auf Paradioxanon- und Caprolactoneinheiten mit Arzneistoffen unterschiedlicher Polarität und unterschiedlicher Konzentration zeigt keinen signifikanten Einfluss auf die Lage des Schmelzpunkts des Schaltsegmentes, d.h. die Temperatur des SM-Überganges wird nicht wesentlich verändert (Figur 1). Die Beladung der Polyurethan-Netzwerke basierend auf Lactid-co-Glycolidsegmenten mit Arzneistoffen unterschiedlicher Polarität in einer Konzentration von 1 wt.% zeigt ebenfalls keinen Einfluss auf die Glasübergangstemperatur, d.h. die Lage des SM-Übergangs bleibt unverändert. Ein ähnliches Ergebnis wurde für Caprolacton-co-glycolid-Netzwerke unterschiedlicher Segmentlängen gefunden, die mit Ethacridinlactat beladen wurden (Figur 2).

Wirkstofffreisetzung

Figur 3 verdeutlicht, dass der Massenverlust der Netzwerke ab einer Abbaupzeit von ca. 50 Tagen einsetzt. Für die Freisetzung von Wirkstoffen bedeutet dies, dass innerhalb der ersten 50 Tage mit einer diffusionskontrollierten Freisetzung zu rechnen ist, danach geht die Wirkstofffreisetzung mit dem Abbau der Matrix einher.

Die Wirkstofffreisetzung aus der amorphen Matrix N-LG(18)-10 verläuft für Nitrofurantoin und Enoxacin stufenförmig, was für lactat- und glycolathaltige Copolymermatrices typisch ist (Figur 4). Der hydrophilere Wirkstoff Ethacridinlactat wird im Vergleich zu Nitrofurantoin und Enoxacin beschleunigt freigesetzt. Zu Beginn der Freisetzung wird häufig ein *burst*-Effekt beobachtet, wobei an der Oberfläche haftender Wirkstoff an das Medium abgegeben wird. Das zweite Intervall ist geprägt durch die diffusionskontrollierte Freisetzung der Substanz aus dem Inneren der Matrix an die Oberfläche. Mit fortschreitender Freisetzung wird der restliche Anteil des Wirkstoffs unter rapider Polymererosion freigesetzt (vgl. Figur 3). Dieser Effekt wird in der Literatur auch als *dose dumping* bezeichnet.

Die Wirkstofffreisetzung kann durch Dip-Coating (Figur 6) oder durch die Herstellung von Layer-Systemen (Figur 7) optimiert werden.

Im Falle des Paradoxanon/ Caprolacton Multiblockcopolymers erfolgt ein Burstrelease am Anfang, ein Plateau wird innerhalb von 2 Tagen erreicht. Eine Modifizierung erfolgt mit Hilfe von Dip Coating mit demselben Polymer bzw. mit der Herstellung von Layer-Systemen, wobei ein wirkstoffhaltiger Film von beiden Seiten mit reinem Polymer abgedeckt wird. Hierdurch wird der anfängliche Burst vermieden und im Falle der Layer-Systeme eine lineare Freisetzung über mehrere Wochen erzielt (Figur 8 und 9).

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

Das oben genannte Ziel der Steuerung der Wirkstofffreisetzung on-demand kann erreicht werden, wenn eine Änderung des Diffusionsverhaltens bei Anwendung eines externen Stimulus erreicht wird. Derartige Wirkstofffreisetzungssysteme lassen sich erfindungsgemäß wie folgt darstellen (siehe auch Figur 10):

1. Der Wirkstoff ist in einem Depot vorgesehen, das mit einer Membran verschlossen ist. Entweder die Membran oder das Depot (oder beide) umfassen ein SMP Material.
2. Der Wirkstoff liegt verteilt, d.h. gelöst oder anders eingekapselt, in einer Matrix aus SMP Material vor. Diese kann optional mit einer Beschichtung umgeben sein oder verhindert als solche das Austreten des Wirkstoffs.
3. Unterschiedliche Wirkstoffe sind in verschiedenen Depots oder unterschiedlichen Bereichen der Matrix oder unterschiedlichen Matrixsystemen vorgesehen. Die jeweiligen Depots können durch unterschiedliche Membranen verschlossen sein.

Die Freisetzung kann durch die folgenden Optionen erreicht werden:

1. Bei Systemen, die den Wirkstoff in einem Depot (das bevorzugt nicht aus einem SMP Material besteht) enthalten, verschlossen durch eine Membran aus einem SMP Material, kann die Freisetzung dadurch erfolgen, dass der SM Effekt ausgelöst wird, wodurch sich der Zustand der Membran ändert, von undurchlässig für den Wirkstoff zu durchlässig

(entweder durch eine Zerstörung der Membran oder durch eine Änderung der Durchlässigkeit durch Veränderung der Porenstruktur oder der Kristallinität; asymmetrische Membranen sind eine weitere Option). Bei Systemen, die mehrere Depots umfassen, mit unterschiedlichen Wirkstoffen, kann ebenfalls der EM Effekt für die Freisetzung genutzt werden. Sind die unterschiedlichen Depots durch Membranen aus verschiedenen SMP Materialien verschlossen, die nicht durch den gleichen Stimulus beeinflusst werden, so kann durch eine derartige Ausgestaltung eine zeitlich abgestufte Freisetzung erreicht werden.

2. Alternativ kann bei den Depotsystemen der Träger (d.h. das Depotmaterial) aus einem SMP Material bestehen bzw. ein solches enthalten. Wird dann der SM Effekt ausgelöst, so führt die damit verbundene Formänderung dazu, dass die Membranen, die die Depots verschließen, zerstört werden, was die Freisetzung ermöglicht.
3. Bei Matrixsystemen kann durch das Auslösen den SM Effekts das Freisetzungsverhalten verändert werden, z.B. durch Veränderung der Kristallinität, der Porenstruktur oder Ähnliches.
4. Bei allen oben genannten Systemen kann allerdings das Freisetzungsverhalten auch durch den Abbau des SMP Materials gesteuert werden.

Bei allen Systemen, die SMP Materialien umfassen, können bei diesen der SM Effekt durch einen geeigneten Stimulus ausgelöst werden, wie Temperatur, Licht (Strahlung) oder eine Kombination davon. Wie oben bereits ausgeführt, können die Wirkstofffreisetzungssysteme unterschiedliche SMP Materialien umfassen, die durch unterschiedliche Stimuli beeinflusst werden können.

Wird der SM Effekt nicht für die Steuerung der Wirkstofffreisetzung benötigt, so kann er zur Herstellung von Implantaten dienen, die minimalinvasiv eingeführt werden können. Dabei wird das Wirkstofffreisetzungssystem mit Wirkstoff beladen und in eine Form gebracht, die eine minimalinvasive Implantation ermöglicht, wobei dieses Form im Hinblick auf das SMP Material der temporären Form entspricht. Nach Implantation wird der SM Effekt ausgelöst (s.o.) und das Implantat wird in die permanente Form (im Hinblick auf die SM Eigenschaften) gebracht, die in diesen Fällen üblicherweise sperriger ist als die temporäre Form.

Der in der vorliegenden Anmeldung eingesetzte Begriff Wirkstoff, wird in einem breiten Sinn verwendet. Dieser Begriff soll sowohl chemische als auch biologische Substanzen oder Gemische umfassen, die im weitesten Sinne als Wirkstoff aufgefasst werden können. Insbesondere mit umfasst sind Substanzen oder Gemische mit medizinischer Wirkung, als Medikament, aber auch als Diagnostikum oder als Kontrastmittel. Weiterhin sollen auch kosmetisch wirksame Substanzen und Gemische mit umfasst sein, ebenso wie Hilfsstoffe, wie künstliche Tränen oder Ähnliches. Der oder die in der vorliegenden Erfindung einsezubaren Wirkstoffe können niedermolekular oder hochmolekular (z.B. Proteine) sein.

Der Ausdruck Wirkstofffreisetzungssystem, so wie er in der vorliegenden Anmeldung eingesetzt wird, umfasst die zwei bereits oben geschilderten grundlegende Typen an Systemen.

Der erste Grundtyp umfasst eine Matrix, in der der Wirkstoff, der freigesetzt werden soll, verteilt vorliegt. Solche System werden insbesondere als Implantate zur Freisetzung von Medikamenten über einen verlängerten Zeitraum eingesetzt. Hierbei hat es sich erfindungsgemäß gezeigt, dass Beladungen von 1 bis 25 Gew.-% Wirkstoff möglich sind, ohne dass ein nachteiliger Effekt auf die Form-Gedächtnis-Eigenschaften ausgeübt wird.

Der zweite Grundtyp ist von seinem Aufbau etwas komplexer und umfasst ein Depot an Wirkstoff und zusätzlich eine Konstruktion, die die Freisetzung regelt, beispielsweise eine Membran, die das Depot an Wirkstoff umgibt, oder ein osmotisches Pumpsystem (siehe insbesondere: K.Heilmann, „Therapeutische Systeme“, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1882; sowie WO 99/62576).

Die erfindungsgemäßen Freisetzungssysteme können in einer Vielzahl von Indikationsbereichen eingesetzt werden, insbesondere aber zur Behandlung und/oder Prophylaxe von Störungen (Krankheiten, Allergien, postoperative Beschwerden), die eine langanhaltende Wirkstofffreisetzung erfordern, um Schmerzen zu mildern, um Geweberegeneration zu unterstützen, um Infektionsschutz zu bieten oder um Infektionen zu bekämpfen.

Neben den im folgenden beschriebenen wesentlichen Bestandteilen der Wirkstofffreisetzungssysteme können diese weitere Komponenten aufweisen, wie Beschichtungen, Additive usw., die beispielsweise die Bioverträglichkeit (Gewebeverträglichkeit) einstellen oder andere Eigenschaften, wie Röntgenkontrast usw.

Die vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass die Formgedächtnispolymere (im folgenden auch SMP (shape memory polymer)) als wesentliche Komponente mit umfasst sind, d.h. entweder als wesentlicher Bestandteil der Matrix (beim ersten Grundtyp) oder als wesentlicher Bestandteil der Membran oder der osmotischen Pumpe (im zweiten Grundtyp). Der Einsatz von SMP Materialien ermöglicht hierbei, dass der Formgedächtniseffekt die Wirkstofffreisetzung verbessert, wie im folgenden gezeigt werden wird.

Überraschender Weise hat es sich gezeigt, dass bestimmte bioabbaubare oder biokompatible Polymere mit Formgedächtniseigenschaften als Matrixmaterialien für Wirkstofffreisetzungssysteme sowie als Bestandteil der anderen Wirkstofffreisetzungssysteme geeignet sind. Die erfindungsgemäß einsetzbaren polymeren Materialien lassen sich grob in zwei Klassen unterteilen, zum einen thermoplastische Polymere und andererseits Thermoset-Polymere.

Prinzipiell sind dabei alle SMP Materialien einsetzbar, die z.B. in den beiden Internationalen Patentanmeldungen WO 99/42528 und WO 99/42147 offenbart sind. Die Offenbarungen dieser beiden Anmeldungen sind in dieser Beziehung hier durch Verweis mit umfasst. Derartige Materialien können in der Form von thermoplastischen Materialien oder in der Form von Netzwerken vorliegen. Diese Form-Gedächtnis-Polymere, die erfindungsgemäß eingesetzt werden können, können eine oder auch zwei Formen im Gedächtnis haben und umfassen dabei mindestens ein Hartsegment und mindestens ein Weichsegment. Die Struktur der Polymere ist nicht beschränkt und geeignete Beispiele umfassen lineare Polymere, Pfropfpolymere, Dendrimere, verzweigte Polymere, sternförmige Polymere (für thermoplastische Materialien) und semi-interpenetrierende Netzwerke, interpenetrierende Netzwerke, gemischte interpenetrierende Netzwerke und Netzwerke (Thermoset-Materialien).

Diese Strukturen umfassen üblicherweise Segmente abgeleitet von Caprolacton, Paradioxonon, Lactid, Glycolid oder Ethylen- oder Propylenoxidoligomeren. Im Fall der thermoplastischen Materialien kann dabei die Verknüpfung der einzelnen Segmente

(Oligomere/Makromonomere) in Dioform durch ein Diisocyanat erfolgen, beispielsweise TMDI. Die Netzwerkstrukturen können in der Form von Segmenten mit Acrylatendgruppen vernetzt werden, ggf. unter Zusatz niedermolekularer Acrylate. Werden sternförmige Makromonomere eingesetzt, d.h. Makromonomere mit mehr als zwei Enden, so kann die Vernetzung auch über OH-Endgruppen erfolgen, z.B. unter Einsatz von Diisocyanaten, wie TMDI.

Bevorzugte Materialien für die erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme sind allerdings wie folgt:

Die thermoplastischen Polymere, die in der vorliegenden Erfindung eingesetzt werden können, können als Blockcopolymere beschrieben werden, umfassend jeweils mindestens ein Hartsegment und mindestens ein Weichsegment, wobei das Hartsegment Einheiten umfasst, abgeleitet von Paradioxanon, und wobei das Weichsegment Einheiten umfasst, abgeleitet von Caprolacton und/oder Lactid und Glycolid. Die jeweiligen Segmente werden bevorzugt über Urethanbindungen miteinander verknüpft. Die einzelnen Segmente weisen bevorzugt ein Zahlenmittel des Molgewichts von 1000 bis 10000 g/mol auf, insbesondere bevorzugt von 3000 bis 8000 g/mol. Die Verknüpfung erfolgt bevorzugt über Urethanbindungen, erhalten durch Reaktion geeignet funktionalisierter Segmente mit TMDI. Das Molgewicht der entstehenden thermoplastischen Polymere ist nicht kritisch und liegt im üblichen Bereich für derartige SMP-Materialien.

Die erfindungsgemäß einsetzbaren Thermoset-Materialien sind Netzwerke, die semi-kristallin oder amorph sein können. Die bevorzugten, erfindungsgemäß einsetzbaren Netzwerke sind Polyurethannetzwerke, die durch die Vernetzung von geeignet funktionalisierten Makromonomeren erhalten werden können und diese umfassen bevorzugt Segmente aus Caprolacton, Glykolid, Lactid und/oder Dioxanon.

Die semikristallinen Thermoset-Materialien umfassen bevorzugt eine Komponente, abgeleitet von einem Makromonomer aus Caprolacton und Glycolid. Die amorphen Netzwerke umfassen Komponenten, abgeleitet von Makromonomeren aus Lactid und Glycolid, Caprolacton und Lactid oder Lactid und Dioxanon. Die Netzwerkstrukturen können darüber hinaus gegebenenfalls noch weitere optionale Netzwerkbestandteile aufweisen, wobei diese

zusätzlichen Bestandteile vorzugsweise ausgewählt sind unter Acrylaten und Methacrylaten, insbesondere bevorzugt Butylacrylat.

Auch hier beträgt das bevorzugte Zahlenmittel des Molgewichts für die Segmente von 1000 bis 10000 g/mol, insbesondere 3000 bis 10000 g/mol. Liegen mehrere Monomereinheiten in den Segmenten vor, z.B. Lactid- und Glykolid-Einheiten oder Caprolacton- und Glykolid-Einheiten, so ist deren jeweiliger Anteil nicht beschränkt. Bevorzugt liegt in solchen Fällen jedoch Glykolid in einem Anteil von mehr als 0 bis zu 30 Mol% vor, bevorzugt in einem Anteil von 10 bis 20 Mol%.

Wird bei der Vernetzung noch ein Acrylatmonomer zugesetzt, so liegt dieses bevorzugt in einem Anteil von bis zu 60 Gew.-% vor, insbesondere 25 bis 55 Gew.-%.

Die oben genannten Materialien ermöglichen üblicherweise eine Auslösung des Form-Gedächtnis-Effekts durch einen Temperaturstimulus, aber die SMP-Materialien können auch so ausgestaltet werden, dass sie durch einen anderen Stimulus gesteuert werden können, wie Magnetfelder, Ultraschall, Licht, Elektrizität oder andere Stimuli.

Die oben genannten polymeren Materialien eignen sich insbesondere als Matrixmaterialien für Wirkstofffreisetzungssysteme. Die bevorzugten Matrixmaterialien sind bioabbaubar, so dass insbesondere bei einer Wirkstofffreisetzung im Körper eine zweite Operation zur Entfernung der Matrix nach erfolgter Wirkstofffreigabe nicht notwendig ist. Weiterhin zeigen die erfindungsgemäß einzusetzenden Matrixmaterialien ein Abbauverhalten, das nicht mit einer drastischen Abnahme der mechanischen Eigenschaften der Matrixmaterialien verbunden ist. Weiterhin sind die erfindungsgemäß eingesetzten Matrixmaterialien Polymere, die Formgedächtniseigenschaften aufweisen.

Der Ausdruck "Polymere mit Formgedächtniseigenschaften", der in der vorliegenden Erfindung verwendet wird, benennt Materialien, die von der vorgegebenen permanenten Gestalt in eine temporäre Form überführt werden können (durch geeignete Formungsverfahren) und nach Anlegen eines externen Stimulus wieder in die permanente Form übergehen. Die Deformation und Fixierung der temporären Form wird Programmierung genannt. Der Übergang von der temporären in die permanente Gestalt wird als Rückstellung bezeichnet.

Die Initiierung der Rückstellung erfolgt bei den in der vorliegenden Erfindung eingesetzten Matrixmaterialien üblicherweise durch thermische Stimulation.

Die Formgedächtniseigenschaften der in der vorliegenden Erfindung eingesetzten Matrixmaterialien ermöglicht zum einen, dass bei zu implantierenden Wirkstofffreisetzungssystemen eine temporäre Form fixiert werden kann, die minimalinvasive Eingriffe ermöglicht. Nach Applikation am gewünschten Zielort kann durch geeignete Stimulierung, üblicherweise Temperaturerhöhung auf Grund der Körpertemperatur, ein Formgedächtniseffekt aufgelöst werden. Dieser Formgedächtniseffekt kann dann dazu genutzt werden, dass der im Wirkstofffreisetzungssystem eingeschlossene Wirkstoff freigesetzt wird. Dabei lassen sich verschiedene Aufgestaltungen einstellen.

Zum einen kann durch den Formgedächtniseffekt eine Veränderung der Phasenstruktur, der Porenstruktur, der Oberflächenstruktur oder der Kristallinität erreicht werden, was dann eine langsame und gleichmäßige Freisetzung des Wirkstoffes ermöglicht. Derartige Matrixsysteme können aber optionale zusätzliche Schichten aufweisen, so kann beispielsweise die mit Wirkstoff beladene Matrix von einer Schicht eines nicht-SMP-Materials umgeben sein (core-shell-system). Dieses zusätzliche Material kann z.B. eine sicherere Einführung des Wirkstofffreisetzungssystems ermöglichen, z.B. durch entsprechende Oberflächenausgestaltung. Diese Beschichtungsschicht kann bioabbaubar ausgestaltet sein, so dass nach Applikation am gewünschten Wirkort die Beschichtung zersetzt wird und die gewünschte Freisetzung durch das SMP-Material ermöglicht wird. Alternativ kann die zusätzliche Beschichtung selbst Wirkstoffe enthalten, die vor den Wirkstoffen freigesetzt werden, die in der SMP-Matrix eingelagert sind. So ist auch eine Kombinationstherapie mit zeitlich abgestimmter Reihenfolge der Freisetzung möglich. Eine weitere Möglichkeit des Einsatzes einer zusätzlichen Beschichtung ist dann ratsam, wenn das SMP-Material eine sehr schnelle Freisetzung nach Auslösung des Formgedächtniseffekts und eine schon merkliche Freisetzung vorher zeigt. Die zusätzliche Beschichtung verhindert somit eine nicht erwünschte Wirkstofffreisetzung vor dem Auslösen des Formgedächtniseffekts. Dieser kann dann gezielt ausgelöst werden, wobei Ausgestaltungen denkbar sind, bei denen durch den Form-Gedächtnis-Effekt die äußere Beschichtung zerstört und dann eine sehr schnelle, gewünschte Freisetzung erfolgt.

Weiterhin kann bei Matrixsystemen die Freisetzung durch Diffusion (Kristallinität der Matrix), durch Abbaureaktionen (Zersetzung der Matrix setzt den Wirkstoff frei) oder eine Kombination

davon gesteuert werden. Beispielsweise kann eine Matrix mehrere unterschiedliche Domänen aufweisen, von denen mindestens eine eine gezielte Änderung des Diffusionskoeffizienten, der T_m oder T_g zeigt, so dass derart eine Kontrolle der Freisetzung möglich wird. Eine weitere Option der Steuerung der Freisetzungsrates aus einer mit Wirkstoff beladenen Matrix ist die geeignete Auswahl der Verträglichkeit von Wirkstoff und Matrixmaterial (SMP Material). Eine gute Verträglichkeit führt per se zu einer langsameren Freisetzung, verglichen mit einem System, bei dem eine geringere Verträglichkeit zwischen Wirkstoff und Matrixmaterial gegeben ist. So führt beispielsweise die Erhöhung des hydrophoben (oder auch amorphen Anteils) in einem Netzwerk zu einer geringeren Freisetzungsrates von hydrophoben Wirkstoffen. Eine derartige Erhöhung des hydrophoben Anteils eines Netzwerks (oder auch eines thermoplastischen Materials) kann insbesondere durch die Einführung von Butylacrylatsegmenten erfolgen. Insbesondere bei Wirkstofffreisetzungssystemen mit Wirkstoffen wie Ethacridinlactat hat die Erhöhung des Anteils an Glykolat in der Matrix, was die Kristallinität verringert, einen beschleunigenden Effekt auf die Wirkstofffreisetzung. Durch geeignete Einstellung der jeweiligen Anteile kann also eine gewünschte Wirkstofffreisetzung gezielt eingestellt werden.

Derartige Matrixsysteme können in vielen Ausgestaltungen vorliegen, die vereinfacht als 3D-, 2D- oder 1D-Systeme bezeichnet werden können, wie Kügelchen oder kastenartige oder zylindrische Implantate (3D), Filme oder Folien, ungestreckt oder verstreckt (2D), oder Fäden und Filamente (1D). Derartige Matrixsysteme können darüber hinaus zu interessanten, komplexen Systemen zusammengesetzt werden, so können beispielsweise Matrixfilme mit anderen, nicht mit Wirkstoff beladenen Filmen zu mehrlagigen Laminaten zusammen gesetzt werden, um dadurch eine weitere Kontrolle der Wirkstofffreisetzung zu ermöglichen. Derartige Laminatsysteme umfassen bevorzugt n Filme aus mit Wirkstoff beladenem SMP-Material und immer alternierend damit vorgesehene $(n + 1)$ Filme aus einem nicht mit Wirkstoff beladenem Film, der aus SMP-Material oder einem nicht SMP-Material bestehen kann. Dieses Prinzip ist auch bei anderen Matrixsystemen vom 1D oder 3D Typ möglich. So kann beispielsweise ein mit Wirkstoff beladenes 3D oder 1D System mit einer zusätzlichen Beschichtung aus SMP-Material, ohne Wirkstoff, umgeben sein, z.B. um die Freisetzungsrates zu kontrollieren.

Die Einführung der Wirkstoffe in solche Matrixsysteme kann auf unterschiedliche Arten erfolgen, in Abhängigkeit vom Wirkstoff und vom SMP-Material. Geeignete Verfahren umfassen (a) das gemeinsame Lösen von Wirkstoff und SMP-Material in einem Lösungsmittel

und anschließende Trocknung (oder alternativ Ausfällung mit einem Nichtlösungsmittel für beide Stoffe), (b) die Vermischung von Wirkstoff und einem Vorläufermaterial für ein SMP-Material und anschließende Vernetzung des Vorläufermaterials (ggf. erfolgt die Vermischung in einem Lösungsmittel, das dann entfernt wird), oder (c) Quellen von Objekten aus SMP-Materialien in einer Lösung des Wirkstoffs. Weitere Möglichkeiten der Einbringung des Wirkstoffs in eine Matrix umfassen die Schmelzvermischung (z.B. in einem Extruder), die chemische Fixierung des Wirkstoffs an die Matrixmoleküle oder Ähnliches.

Andererseits ist es auch möglich, den Formgedächtniseffekt in Freisetzungssystemen des zweiten Grundtyps einzusetzen. Auch hierbei kann erreicht werden, dass ein eingeschlossener Wirkstoff über einen kurzen Zeitraum freigesetzt wird, was in manchen Anwendungsbereichen erwünscht ist. In diesem Fall kann das Matrixmaterial des Wirkstofffreisetzungssystems der vorliegenden Erfindung die Funktion einer Membran haben, die nach Initiierung des Formgedächtniseffekts vollständig durchlässig für den eingeschlossenen Wirkstoff wird, so dass eine schlagartige Freisetzung möglich ist. Derartige Wirkstofffreisetzungssysteme können entweder insgesamt aus einem SMP-Material bestehen, z.B. in der Form eines Hohlkörpers, der ein Depot an Wirkstoff einschließt, oder dieses System besteht aus einem Depotsystem für den Wirkstoff mit einer Öffnung, die durch das SMP-Material verschlossen ist.

Die erste Alternative bietet sich insbesondere für Einkapselungssysteme an, z.B. für topisch zu verwendende Wirkstoffe. Im Bereich der Kosmetik können so Wirkstoffe, wie Vitamine, Hautpflegemittel oder andere, ggf. oxidationsanfällige Stoffe eingekapselt werden, die dann bei Aufbringung auf die Haut, durch Wärmeeinwirkung einen Form-Gedächtnis-Effekt zeigen und die eingeschlossenen Wirkstoffe freisetzen. Andere Anwendungsbeispiele sind Reservoirs für Künstliche Tränen oder eingekapselte topisch zu verabreichende Medikamente.

Hierbei kann der Formgedächtniseffekt der erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme, insbesondere bei Wirkstofffreisetzungssystemen die topisch verabreicht werden, dazu dienen, den eingeschlossenen Wirkstoff kontrolliert freizusetzen. Beispiele derartiger Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme sind Trägerkapseln für Hautpflegemittel oder Trägerkapseln für Wirkstoffe, die intraaural, intranasal oder mukosal verabreicht werden. Dabei sind die Trägerkapseln, die die erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme

darstellen, in üblichen Formulierungen für topisch zu verabreichende Wirkstoffe formuliert. Ein derartiges Beispiel ist eine Hautcreme, in der bestimmte pflegende Substanzen in erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssystemen eingeschlossen sind. Dies bietet den Vorteil, dass insbesondere bei Formulierungen, die über einen langen Zeitraum angewandt werden, eine Beeinträchtigung der Wirkstoffe, beispielsweise durch Luftsauerstoff vermieden oder zumindest stark verzögert werden kann. Nach der üblichen Verabreichung kann dann eine gezielte Wirkstofffreisetzung erfolgen, beispielsweise durch die Auflösung eines temperaturinduzierten Formgedächtniseffekts nach Verabreichung der Formulierung (beispielsweise Auftragen einer Hautcreme auf die Haut, wobei der Wirkstoff auf Grund eines thermischeninduzierten Formgedächtniseffekts freigesetzt wird, nachdem die erfindungsgemäßen Wirkstoffsysteme einige Zeit auf der Haut vorliegen und dort auf eine Temperatur in der Nähe der Körpertemperatur erwärmt wurden).

Die im erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssystem einzuschließenden Wirkstoffe können ausgewählt werden aus einer Vielzahl an Wirkstoffen. Dabei umfasst der Ausdruck Wirkstoff sowohl Arzneimittel als auch andere Wirkstoffe, wie Hautpflegemittel, künstliche Tränen, Geruchsstoffe, Substanzen die zur Diagnostik notwendig sind, wie Kontrastmittel oder radioaktive Labels, und ähnliches. Bevorzugte Wirkstoffe umfassen Hormone, Antibiotika, Enzyme, Antikrebsmittel, Peptide, Anesthetika, Psychopharmaka, Analgetika, Antiseptika, Antimykotika, Antihistaminika, Virustatika und Wachstumsfaktoren. Wirkstoffe, die bereits erfolgreich in Freisetzungssystemen mit SMP-Materialien eingesetzt wurden umfassen Ethacridinlactat, Enoxacin, Nitrofurantoin und Gentamicin.

Derartige Wirkstoffe lassen sich ohne große Probleme in die erfindungsgemäß verwendeten polymeren Materialien einschließen. Bei Wirkstofffreisetzungssystemen, bei denen das polymere Material als Matrix dient, können die Wirkstoffe übliche Verfahren eingebracht werden. Bei den thermoplastischen Materialien können die Wirkstoffe durch Dispersion der Wirkstoffe in einer Polymerlösung und anschließendes Trocknen eingeschlossen werden. Anschließend kann die getrocknete Mischung einem Programmierungsschritt unterworfen werden, um so die gewünschten Formgedächtniseigenschaften für die Wirkstofffreisetzung zu erzielen. Gegebenenfalls können anschließend weitere Verarbeitungsschritte erfolgen, beispielsweise Zerkleinerungsschritte oder Formulierungsschritte, wobei diese Schritte so ausgeführt werden müssen, dass eine unbeabsichtigte Initiierung des Formgedächtniseffekts vermieden wird. Die erfindungsgemäß einzusetzenden Thermoset-Materialien können mit

Wirkstoffen entweder durch Quellung in einer Wirkstofflösung beladen werden oder durch ein Verfahren, bei dem die löslichen Vorläufermaterialien der Thermoset-Materialien zusammen mit dem Wirkstoff in einer Lösung vorliegen, wobei durch anschließendes Entfernen des Lösungsmittels und darauf folgende Vernetzung ein beladenes Thermoset-Material erhalten wird. Alternativ ist es auch möglich die Mischung aus Präpolymer und Wirkstoff ohne Lösungsmittel herzustellen, so dass der Wirkstoff dann dispergiert in der polymerisierbaren Mischung vorliegt. Anschließen kann auch hier eine erwünschte Programmierung erfolgen, gefolgt wiederum von weiteren optionalen Verarbeitungsschritten.

Bei der Einbringung von Wirkstoff in ein Wirkstofffreisetzungssystem in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung können somit die folgenden prinzipiellen Fälle unterschieden werden:

1. Der Wirkstoff kann entweder niedermolekular oder hochmolekular sein.
2. Der Wirkstoff kann hydrophil (polar) oder hydrophob (unpolar) sein.

Für diese prinzipiellen Fälle lassen sich die folgenden, allgemeinen Regeln zur Wirkstoffbeladung aufstellen.

Niedermolekularer hydrophiler Wirkstoff (z.B. Ethacridinlactat)

Quellung von Netzwerken in einer geeigneten Wirkstofflösung (hydrophile Lösungsmittel, wie Propanol, Ethylacetat, um den Wirkstoff zu lösen) und anschließende Trocknung (Beladung typischer Weise von 0,1 bis ungefähr 2 Massen-%)

Vernetzung von Präpolymeren in der Gegenwart von Wirkstoff (alternativ gelöst in einem geeigneten Lösungsmittelsystem oder dispergiert in der polymerisierbaren Mischung). Eine derartige Einbringung ist für hydrophile Wirkstoffe gut geeignet, da anschließende Verarbeitungsschritte mit hydrophoben Lösungsmitteln die Wirkstoffbeladung nicht mehr beeinträchtigen (Beladung typischer Weise bis zu 6 Massen-%).

Niedermolekularer hydrophober Wirkstoff (z.B. Enoxacin, Nitrofurantoin)

Quellung von Netzwerken in einer geeigneten Wirkstofflösung (eher hydrophobere Lösungsmittel, wie Dioxan, Chloroform, aber auch Ethylacetat, um den Wirkstoff zu lösen) und anschließende Trocknung (Beladung typischer Weise von 0,1 bis ungefähr 2 Massen-%)

Vernetzung von Präpolymeren in der Gegenwart von Wirkstoff (alternativ gelöst in einem geeigneten Lösungsmittelsystem oder dispergiert in der polymerisierbaren Mischung) (Beladung typischer Weise bis zu 6 Massen-%).

Hochmolekularer Wirkstoff

Auch hochmolekulare Wirkstoffe, wie Proteine, können in die erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme eingearbeitet werden. Allerdings ergibt sich dabei häufig das Problem, dass hochmolekulare Wirkstoffe zum Einen durch Quellverfahren nur in nicht ausreichenden Mengen in die Netzwerke eingebracht werden können und zum Anderen die übliche Verarbeitung von thermoplastischen Systemen zu mechanischen oder thermischen Beanspruchungen führen, die für derartige hochmolekulare Wirkstoffe nachteilig sind. Daher werden derartige Wirkstoffe bevorzugt erst durch Einkapselung, beispielsweise in PEG-Mikropartikel, oder durch Wechselwirkung mit einem Polyelektrolyt geschützt/stabilisiert, bevor eine Einbringung in eine Matrix erfolgt. Diese Einbringung erfolgt dann bevorzugt durch Netzwerkherstellung in der Gegenwart des Wirkstoffs durch Vernetzung von Präpolymeren oder durch traditionelle Verarbeitung für thermoplastische Materialien, wie Extrusion.

Überraschenderweise hat sich gezeigt, dass die anspruchsvollen Materialien, die in der vorliegenden Erfindung als Matrixmaterialien für die Wirkstofffreisetzungssysteme eingesetzt werden, in ihren thermischen und mechanischen Eigenschaften durch die Beladung mit Wirkstoffen praktisch nicht beeinflusst werden. So verändert sich beispielsweise die Schalttemperatur (Auslösungstemperatur für den Formgedächtniseffekt) bei beladenen Wirkstofffreisetzungssystemen im Vergleich mit den unbeladenen Wirkstofffreisetzungssystemen nicht oder nur unwesentlich. Auch die mechanischen Eigenschaften, wie E-Modul, werden durch die Beladung mit Wirkstoffen nicht oder nur geringfügig beeinflusst. Daher können die erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme trotz der Beladung mit Wirkstoff den Formgedächtniseffekt zur Wirkstofffreisetzung zeigen.

Allerdings findet bei einigen Systemen eine leichte Veränderung z.B. von Tg oder Tm, was ggf. auf „Weichmachereffekte“ durch niedermolekulare Wirkstoffe zurück zu führen ist oder auf die (teilweise) Unterdrückung der Kristallisation. Derartige Effekte treten allerdings in einem merklichen Umfang lediglich bei Homonetzwerken auf, z.B. Netzwerken auf Basis von Caprolacton und insbesondere wenn die Beladung durch Netzwerkherstellung in der Gegenwart von dispergiertem Wirkstoff bei geringen Segmentlängen der Präpolymere erfolgt. Bei AB-Netzwerken werden derartige Effekte eher nicht beobachtet, so dass durch Veränderung der Netzwerkarchitektur eine Veränderung der thermischen Eigenschaften unterdrückt werden kann.

Insgesamt ergibt sich so ein interessantes und vielseitiges System, das je nach Anwendungsgebiet an die speziellen Anforderungen angepasst werden kann.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dass die oben als Matrixmaterialien beschriebenen Polymere mit Formgedächtniseigenschaften ein Wirkstoffdepot umhüllen, also selbst nicht den eingeschlossenen Wirkstoff enthalten (oder nur in einem sehr geringen Anteil). Derartige Einkapselungssysteme sind insbesondere dann von Vorteil, wenn die Verträglichkeit zwischen Wirkstoff und Polymer mit Formgedächtniseigenschaften gering ist. Derartige Einkapselungssysteme können in üblicher Art und Weise hergestellt werden. Dadurch, dass diese Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme die erfindungsgemäß eingesetzten Polymere mit Formgedächtniseigenschaften lediglich als Umhüllungsmaterial verwendet, kann durch die geeignete Auswahl dieses Materials das Freisetzungsverhalten gezielt gesteuert werden. Zum einen ist es möglich, ein Material auszuwählen, das nach Auslösung des Formgedächtniseffekts vollständig durchlässig für den eingeschlossenen Wirkstoff ist, so dass hier eine sehr schnelle Wirkstofffreisetzung erreicht wird. Alternativ kann ein Material ausgewählt werden, das nach Auslösung des Formgedächtniseffekts nur einen sehr langsamen Austritt des Wirkstoffs ermöglicht, so dass in dieser Ausführungsform eine lang andauernde und kontrollierte Wirkstofffreisetzung erhalten werden kann.

Selbstverständlich ist es bei den erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssystemen auch möglich, den Formgedächtniseffekt nicht für die Wirkstofffreisetzung einzusetzen, sondern lediglich für die Platzierung von Implantaten durch minimalinvasive Eingriffe. Dadurch, dass die bevorzugten, erfindungsgemäß eingesetzten Polymere bioabbaubar sind, wird eine

vergleichsweise gleichmäßige Wirkstofffreisetzung, insbesondere bei matrixartigen Wirkstofffreisetzungssystemen durch den langsamen Abbau im biologischen System erhalten. Da die erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme ein Abbauverhalten zeigen, das nicht von nachteiligen Effekten wie dem burst-Effekt begleitet ist, ermöglicht eine derartige Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme auch ohne Ausnützung des Formgedächtniseffekts eine kontrollierte Wirkstofffreisetzung.

Durch die universelle Einsetzbarkeit der SMP Materialien und durch die oben geschilderten Variationsmöglichkeiten erstrecken sich bevorzugte Anwendungsgebiete der erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme über einen weiten Bereich.

So können die Wirkstofffreisetzungssysteme Bestandteil von Implantaten sein. Dies ist entweder durch eine (teilweise) Beschichtung der Implantate möglich oder dadurch, dass die Implantate selbst ein geeignetes SMP Material zur Wirkstofffreisetzung umfassen. Beispiele solcher Systeme sind Stents, Gelenkprothesen, Gefäßprothesen, Nahtmaterialien, chirurgische Hilfsmittel, wie Klammern, Katheter, Nadeln von Spritzen und vieles mehr. Insbesondere Stents, Nahtmaterial oder Gefäßstützen können selbst das SMP Material umfassen, während die anderen Beispiele bevorzugt eine (teilweise) Beschichtung aufweisen. Durch eine derartige Ausgestaltung ist es möglich, dass die Implantate bzw. die anderen Gegenstände zusätzlich zu ihrer eigentlichen Funktion noch als Wirkstofffreisetzungssystem dienen. Dies bietet große Vorteile, da beispielsweise notwendige Wirkstoffe direkt über das Implantat bzw. den Gegenstand zur Verfügung gestellt werden. Prothesen können Beschichtungen aufweisen, die Wirkstoffe freisetzen, benötigt um Abstoßungsreaktionen oder Entzündungen zu verhindern. Nahtmaterialien können ebenfalls entzündungshemmende Wirkstoffe freisetzen, während Stents mit Wirkstoffen ausgestattet sein können, die z.B. Blutgerinnung verhindern oder Besiedelung der Stents mit Zellen.

Eine weitere Alternative ist es die erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme in Partikelform einzusetzen, beispielsweise in der Form von Mikro- oder Nanopartikeln (Matrixsystem) oder in der Form von Mikro- oder Nanokapseln. Derartige Partikel sind in einer Vielzahl von Anwendungsbereichen hilfreich, von denen im folgenden einige geschildert werden.

Mikropartikel könne insbesondere auch für Anwendungen im Auge verwendet werden, entweder als Wirkstoffträger allein oder mit einer zusätzlichen Funktion. So können solche Mikropartikel dazu dienen den Tränenkanal temporär zu schließen, was für einige Therapien erforderlich ist. Dort wird dann auch der Wirkstoff freigesetzt. Der Tränenkanal wird dann nach einer gewünschten Zeitdauer wieder frei. Mikropartikel können weiter als Wirkstoffträger oder zur Okklusionstherapie in der Blutbahn Anwendung finden.

Erfindungsgemäße Partikel können weiterhin in Aerosolen eingesetzt werden, zur pulmonalen Wirkstofffreisetzung.

Schließlich können Partikel auch im Bereich Tissue Engineering eingesetzt werden, um on-demand bioaktive Substanzen aus der das Gewebe tragenden Struktur freizusetzen.

Die erfindungsgemäßen Wirkstofffreisetzungssysteme können aber auch in transdermalen Anwendungen eingesetzt werden, wie Pflastern. Durch den SM Effekt kann bei solchen Systemen der Diffusionskoeffizient gezielt verändert werden, um eine transdermale Wirkstoffverabreichung zu steuern, beispielsweise durch Erhöhung der Freisetzung des Wirkstoffs.

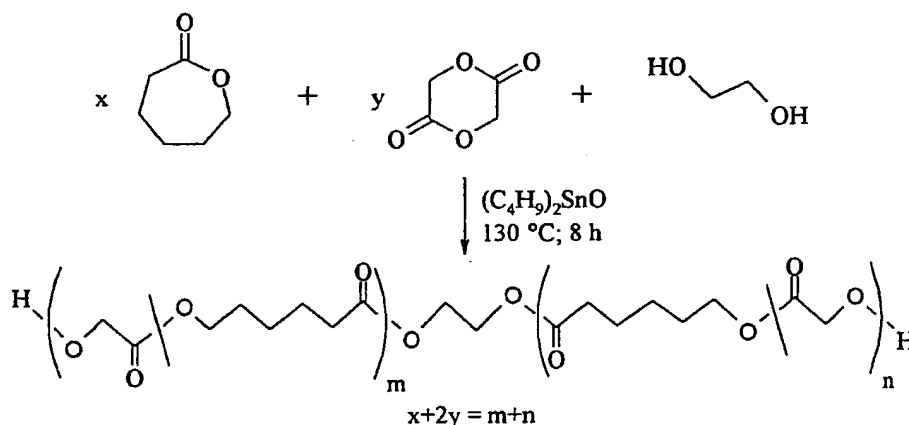
Es sind auch orale Verabreichungsformen darstellbar, bei denen sich die Wirkstofffreisetzung gezielt im Magen oder Darm steuern lässt. Alternativ kann bei solchen Systemen das vorstehend beschriebene Prinzip der Wirkstoffpumpe zum Einsatz kommen.

Im folgenden werden bevorzugte, erfindungsgemäß einzusetzenden Polymere näher beschrieben.

Netzwerke

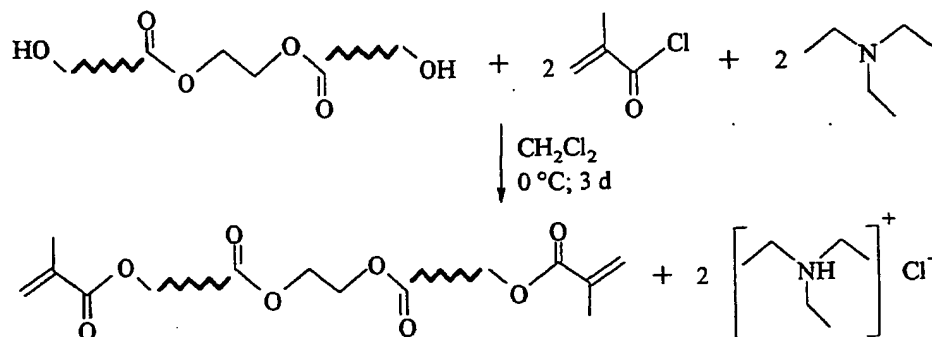
Kovalente Polymernetzwerke aus Oligo(ϵ -hydroxycaproat)dimethacrylaten und Butylacrylat sind Formgedächtnispolymere, die sich *in vitro* als hydrolytisch abbaubar und zellkompatibel erwiesen haben. Durch eine geeignete Wahl der molekularen Parameter des Polymersystems können die Eigenschaften, wie die Schmelztemperatur, die Kristallinität, das hydrolytische Abbauverhalten und die Hydrophilie des Materials, eingestellt werden. Die Polymernetzwerke werden photochemisch nach Endgruppenfunktionalisierung der zugrunde liegenden Makro-

dirole zu präpolymeren Dimethacrylaten dargestellt. Zur Steuerung der Abbaugeschwindigkeit werden leicht hydrolysierbare Esterbindungen in die Makrodimethacrylate eingebaut. Zu diesem Zweck wird ϵ -Caprolacton mit Diglycolid copolymerisiert. Das Comonomerverhältnis der Makrodimethacrylate wird in der Form variiert, so dass eine Kristallisation von Glycolatsequenzen ausgeschlossen werden kann und somit die Schmelztemperatur und die Kristallinität ausschließlich durch die Oligo(ϵ -hydroxycaproat)segmente geprägt wird. Die Synthese der Cooligo(ester)dirole basierend auf ϵ -Caprolacton und Diglycolid erfolgt initiiert durch Ethylenglycol und katalysiert durch Dibutylzinn(IV)oxid in Schmelze mittels ringöffnender Polymerisation (Gl. [1]).



Unter Einsatz des Umesterungskatalysators Dibutylzinn(IV)oxid wird bei einer Copolymerisationsdauer von 8 h eine zufällige Verteilung der Wiederholungseinheiten im Cooligomeren erzielt. Die Endgruppenfunktionalisierung der Oligo[(ϵ -hydroxycaproat)-co-glycolat]diole basiert auf einer stöchiometrischen Umsetzung der terminalen Hydroxygruppe mit Methacryloylchlorid unter Zusatz von Triethylamin als Base (Gl. [2]).

~~~~~ Oligo[( $\epsilon$ -hydroxycaproat)-co-glycolat]segmente.



Die Präpolymere werden photoinitiert ohne Zusatz eines Photoinitiators in der Schmelze bei 70 °C vernetzt. Bei der Darstellung der AB-Netzwerke wird Butylacrylat als Comonomer mittels Oligo[( $\epsilon$ -hydroxycaproat)-co-glycolat]dimethacrylaten vernetzt. Mit Hilfe der  $^{13}\text{C}$ -NMR-Spektroskopie an gequollenen AB-Netzwerken konnte nachgewiesen werden, dass der Gehalt an Butylacrylat im Netzwerk durch dessen Anteil im Reaktionsansatz kontrolliert eingestellt werden kann. Bei der Betrachtung der Netzwerkarchitektur muss zwischen den Netzwerken aus Makrodimehacrylaten und den AB-Netzwerken, die sich aus Makrodimehacrylaten und comonomerem Butylacrylat zusammensetzen, unterschieden werden.

Die Vernetzungsstellen der Netzwerke werden durch reagierende Methacrylatendgruppen der Präpolymere gebildet. Diese werden als multifunktionelle Vernetzungsstelle bezeichnet, da die

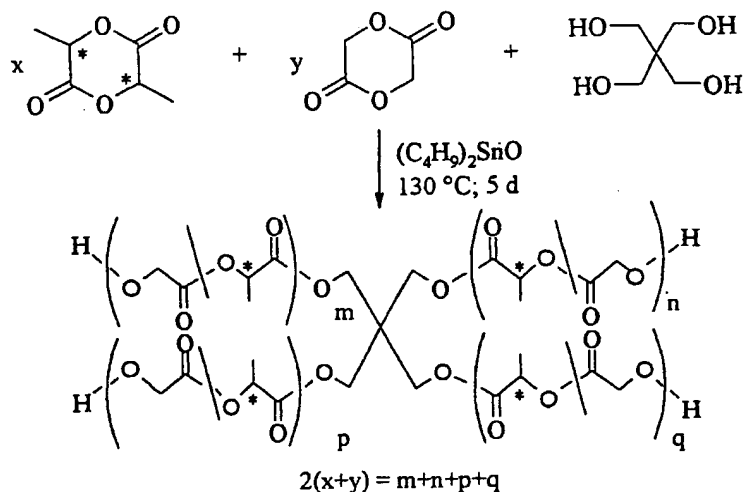
Länge der dabei entstehenden Oligo(methacrylat)sequenzen in Relation zu der Segmentlänge der Cooligoester sehr viel kürzer ist. Aufgrund des Überschusses an Butylacrylat gegenüber den Oligo(ester)einheiten in den AB-Netzwerken entstehen durch die Reaktion der Dimethacrylatendgruppen mit Butylacrylat neben multifunktionellen überwiegend trifunktionelle Vernetzungsstellen.

Die Schmelztemperatur  $T_m$  eines Systems bestimmt die Schalttemperatur  $T_{trans}$ , bei deren Überschreiten der Formgedächtniseffekt ausgelöst und die permanente Form rückgestellt wird. Im Gegensatz zu thermoplastischen Materialien wird in Polymernetzwerken die permanente Form nahezu vollständig wiedererlangt, da viskoelastische Effekte, die zu einer irreversiblen Deformation führen, durch die kovalente Vernetzung unterbunden werden.

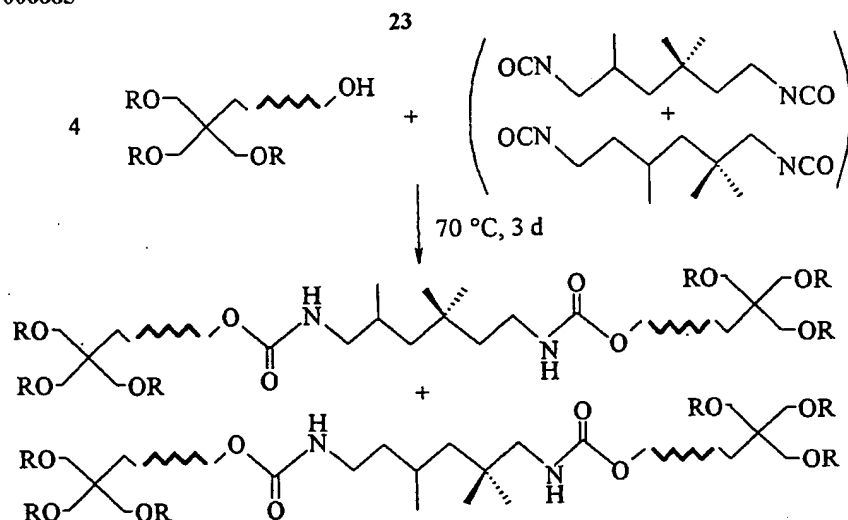
Durch Einführung von Glycolid als Comonomereinheit der Präpolymere bis zu einem Anteil von 30 mol-% kann die Schmelztemperatur und dementsprechend  $T_{trans}$  des Netzwerks zwischen 20 °C und 57 °C eingestellt werden. Die Polymerisation der Makrodimethacrylate in Gegenwart von Butylacrylat führt zu einer Senkung der Kristallinität der Materialien, die ausschließlich durch die kristallinen Bereiche der Oligo( $\epsilon$ -hydroxycaproat)segmente bestimmt wird. Durch das Comonomerverhältnis kann der Elastizitätsmodul der Netzwerke zwischen 0,4 MPa und 64 MPa eingestellt werden.

Amorphe Copoly(esterurethan)netzwerke aus Oligo[(*rac*-lactat)-co-glycolat]tetrolen und Diisocyanat bieten ebenfalls die Vorzüge einer hydrolytisch degradierbaren Polymermatrix, die über Formgedächtniseigenschaften verfügt. Copolymere bzw. Cooligomere aus *rac*-Dilactid und Diglycolid ermöglichen durch Variation des Comonomerverhältnisses, die Eigenschaften hinsichtlich der Glasübergangstemperatur und der Geschwindigkeit des hydrolytischen Abbaus einzustellen. Die Synthese der Polymernetzwerke erfolgt mittels Polyaddition tetrafunktioneller, hydroxytelechelischer Cooligo(ester) mit einem aliphatischen Diisocyanat.

Die tetrafunktionellen Cooligomere aus *rac*-Dilactid und Diglycolid werden mittels ringöffnender Polymerisation in der Schmelze dargestellt. Die Initiierung erfolgt durch Pentaerythrit in Gegenwart von Dibutylzinn(IV)oxid (Gl. [3]).



Da bei der Copolymerisation von L,L-Dilactid und Diglycolid nachgewiesen wurde, dass Dibutylzinn(IV)oxid als Umesterungskatalysator fungiert, wird bei der Darstellung der Makrotetrole eine zufällige Verteilung der Wiederholungseinheiten erwartet. Die Darstellung der Copoly(esterurethan)netzwerke erfolgt durch Kupplung der tetrafunktionellen Telechele mit TMDI, gemäß Gl. [4].



R bzw. sind die Oligo[(*rac*-lactat)-*co*-glycolat] segmente.

Um eine quantitative Kupplung der sternförmigen Hydroxytelechele zu gewährleisten und Nebenreaktionen wie Di- und Trimerisierung der Diisocyanate oder Allophanatbildung zu verhindern, muss TMDI in äquimolaren Mengen eingesetzt werden. Die erwartete Netzwerkarchitektur ist in Abb. 1 skizziert.

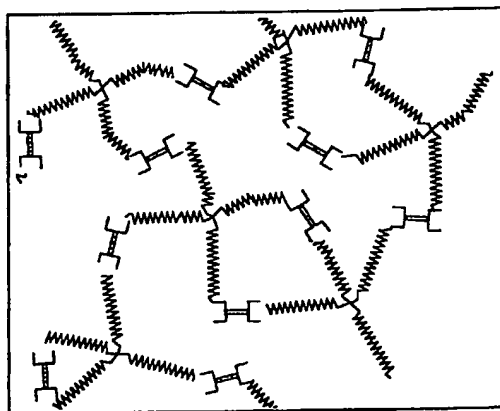


Abb. 1: Schematische Darstellung der Netzwerkarchitektur.  
 Oligo[(*rac*-lactat)-*co*-glycolat]segmente  
 Tetrafunktionelle Vernetzungsstelle  
 Diurethaneinheit



Durch die Verwendung tetrafunktioneller Präpolymere unter der Voraussetzung einer niedrigen Polydispersität wird ein nahezu regelmäßiges Polymernetzwerk mit definierten Vernetzungsstellen erwartet. Daher werden Netzwerke, die auf diesem Syntheseweg erhalten werden, als Modellnetzwerke bezeichnet. Lediglich die intramolekulare Kupplung zweier Kettenenden innerhalb eines Oligomers oder nicht reagierte Kettenenden (*dangling chains*) durch nicht quantitativen Umsatz können Ursache für mögliche Fehlstellen sein.

Durch die oben genannten Initiatoren, wie Ethylenglycol, Pentaerythrit oder aber auch 1,1,1-Tris(hydroxymethyl)ethan ist eine Erzeugung von multifunktionellen Makromonomeren möglich, d.h. lineare, dreiarmige oder vierarmige hydroxytelchelische Makromonomere.

Weitere Netzwerke, die sich auf ähnliche Weise herstellen lassen umfassen Copolyestersegmente auf Basis von Lactid und Caprolacton oder Lactid und Dioxanon, die wie oben beschrieben hergestellt werden können. Der Dioxanongehalt bz. Caprolactongehalt beträgt dabei vorzugsweise 5 bis 70 Mol% bzw. 3 bis 45 Mol%, insbesondere 10 bis 50 Mol% bzw. 10 bis 30 Mol%. Das Zahlenmittel der Segmente (Makromonomere) ist wie oben definiert. Auch hier können wieder Acrylatmonomere mit einpolymerisiert werden.

Ein weiteres erfindungsgemäß einsetzbares System ist ein Copolyester auf Basis eines Oligopropylenglycols, mit einem Zahlenmittel des Molgewichts von 1000 bis 6000 g/mol, mit Einheiten auf Grundlage von Glykolid und Lactid, so dass das Makromonomer ein Zahlenmittel des Molgewichts von ungefähr 2000 bis 15000 g/mol aufweist.

Weitere bevorzugte, im Rahmen der vorliegenden Erfindung einsetzbare Netzwerke sind interpenetrierende Netzwerke.

Bevorzugte interpenetrierende Polymernetzwerke sind solche, die neben Domänen der Schaltsegmente aus Oligo[(*rac*-lactat)-*co*-glykolat] eine bei Raumtemperatur kautschukelastische Phase aus vernetzten Poly(acrylat)en aufweisen. Die Netzwerke auf Basis von Poly(acrylat) werden durch radikalische Polymerisation niedermolekularer Acrylate erhalten, denen als Vernetzer ein Dimethacrylat zugegeben wird. Die Monomere werden durch Quellung

der Netzwerke aus Oligo[(*rac*-lactat)-co-glykolat]tetrolen und einem Diisocyanat in einer Lösung des Dimethacrylats und der flüssigen Acrylate aufgenommen. Die eingequollenen Acrylate können anschließend photochemisch polymerisiert werden. Vorteilhaft bei dieser Darstellungstechnik ist, dass definierte, bereits charakterisierte Netzwerke mit Oligo[(*rac*-lactat)-co-glykolat]segmenten eingesetzt werden. Mögliche Änderungen der thermischen oder mechanischen Eigenschaften können daher direkt auf die Bildung des Poly(acrylat)netzwerks zurückgeführt werden. Bei der Herstellung von sequenziellen IPNs durch Aufnahme von niedermolekulären Monomeren in das bereits gebildete Netzwerk können Monomere mit funktionellen Gruppen, wie z. B. Hydroxyfunktionen, eingesetzt werden

Diese Polymersysteme basieren auf Netzwerken, die durch Kupplung von Oligo[(*rac*-lactat)-co-glykolat]tetrolen, mit einem Gehalt von Glykolat wie oben definiert, bei einer zahlenmittleren Molmasse wie oben definiert, mit TMDI gebildet werden. Als Poly(acrylat)komponente sind Poly(ethylacrylat), Poly(butylacrylat) und Poly(hexylacrylat) bevorzugt, die aufgrund der niedrigen Glasübergangstemperaturen zum Aufbau einer kautschukelastischen Phase geeignet sind. So weist Poly(ethylacrylat) einen Wert für  $T_g$  von  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf. Bei Poly(butylacrylat) und Poly(hexylacrylat) liegen die Glasübergangstemperaturen bei  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$  bzw.  $-57\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Eine Hydrophilierung der Materialien kann durch Verwendung von (2-Hydroxyethyl)acrylat als Monomer realisiert werden. Poly(hydroxyethylacrylat) weist in trockenem Zustand eine Glasübergangstemperatur von  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $58\text{ }^{\circ}\text{C}$  auf. Als Vernetzer bei der radikalischen Polymerisation kann ein Oligo(propylenglykol)dimethacrylat (M-PPG-560) mit einer zahlenmittleren Molmasse nach Herstellerangaben von  $560\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  eingesetzt werden. Die Hydrophilie der Materialien hat eine hohe Relevanz für potenzielle Anwendungen biodegradierbarer Formgedächtnispolymere im medizinischen Bereich. Sie beeinflusst beispielsweise das Freisetzungsverhalten von Wirkstoffen aus Polymermatrices oder die Interaktion von Zellen zur Implantatoberfläche. Bei Verwendung von (2-Hydroxyethyl)acrylat wird daher eine Steuerung der Hydrophilie und der Wasseraufnahme des IPNs durch den Gehalt des Poly(acrylat)s im Netzwerksystem angestrebt.

Der Anteil an Acrylat in den interpenetrierenden Netzwerken liegt bevorzugt im Bereich von 10 bis 80 Gew.-%, basierend auf der Gesamtzusammensetzung, stärker bevorzugt im Bereich von 15 bis 75 Gew.-% und insbesondere im Bereich von 20 bis 60 Gew.-%.

Die folgenden Beispiele illustrieren die vorliegende Erfindung näher.

## Beispiele

Thermoplastische Materialien mit Polyestersegmenten aus Caprolacton wurden mit den Wirkstoffen Gentamicin bzw. in Enoxacin beladen, mit Wirkstoffmengen von 1 bis 20 Gew.-%. Anschließend wurde der Schmelzpunkt der Caprolactonsegmente bestimmt. Im Vergleich mit einem nicht mit Wirkstoff beladenen Matrixpolymer (Beladung erfolgte durch Lösungsvermischung und anschließendes Trocknen) wurde lediglich eine unbeachtliche Veränderung des Schmelzpunktes gefunden.

Die oben hergestellten Probenkörper wurden weiter im Hinblick auf mechanische Eigenschaften untersucht. Dabei wurde insbesondere der E-Modul bestimmt. Der E-Modul, so wurde dabei gefunden, steigt bei den beladenen Materialien gegenüber dem unbeladenen Material leicht an.

Weiterhin wurden Polyestermethacrylat-Netzwerke mit Polyestersegmenten aus Caprolacton und Glykolid mit Nitrofurantoin, Enoxacin und Ethacridinlactat beladen (1 bis 2 Gew.-%) (Quellverfahren) und der E-Modul wurde bestimmt. Im Vergleich mit den unbeladenen Materialien zeigt sich, dass eine Beladung mit Wirkstoffen den E-Modul nicht wesentlich verändert.

Weiterhin wurden Freisetzungsversuche mit bioabbaubaren Matrixpolymeren durchgeführt. Dabei wurden die oben genannten Polyestermethacrylat-Netzwerke mit 5 % Gentamicin bzw. Enoxacin beladen. Probenkörper mit einer Größe von 1 x 2 cm<sup>2</sup> wurden aufgeschnitten und in ein Freisetzungsmedium gegeben (4 ml Phosphatpuffer, pH 7). Die Filmstücke wurden dabei in Zentrifugenröhrchen so gestellt, dass sie von der Pufferlösung von allen Seiten umspült werden. Die Zentrifugenröhrchen wurden im Schüttelwasserbad bei 37° C aufbewahrt und in bestimmten Zeitabständen wurde das Freisetzungsmedium komplett ausgetauscht, um die freigesetzte Menge an Wirkstoff zu bestimmen.

Diese Versuche wurden mit Netzwerken auf Basis von Paradioxonon und Polylactid-co-glykolid durchgeführt. Es ergab sich eine im wesentlichen lineare Freisetzungsrates der Wirkstoffe, ohne Auftreten unerwünschter Burst-Effekte.

Dieser Versuch wurde auch mit dem Wirkstoff Gentamicin mit einem Thermoplast-Material auf Grundlage von Paradioxonon und Caprolacton durchgeführt. Hier zeigte sich, dass am Anfang ein sehr schneller Freisetzungseffekt (Burst-Effekt) erfolgte, wonach ein Plateau innerhalb von 2 Tagen erreicht wurde.

Dieses Freisetzungssystem wurde durch Eintauchbeschichtung mit dem Matrixpolymer modifiziert. Weiterhin wurde ein Laminatsystem hergestellt, umfassend einen wirkstoffhaltigen Film, der auf beiden Seiten mit einem Polymer abgedeckt wurde.

Diese Wirkstofffreisetzungssysteme zeigen ein anderes Freisetzungsverhalten. Hier erfolgt die Freisetzung, wie bereits oben für die Systeme auf Basis von Paradioxonon und Polylactid-co-glykolid beschrieben, im wesentlichen linear, über mehrere Wochen.

Die oben geschilderten Laminatsysteme können eine wirkstoffhaltige Filmschicht umfassen oder mehrere wirkstoffhaltige Filmschichten, jeweils umgeben von Filmen aus reinem Polymer.

Freisetzungsversuche wurden auch mit Netzwerken auf Grundlage von Polylactid-co-glykolid (Zahlenmittel des Molgewichtes der Segmente ungefähr 10.000, 15 Gew.-% Glykolidanteil) durchgeführt, die Ethacridinlactat enthielten. Auch hier ergab sich eine im wesentlichen lineare Freisetzung, die am Anfang etwas schneller ablief.

#### Beladung der thermoplastischen Materialien

Die Beladung erfolgt mittels Dispersion der Arzneistoffe in der Polymerlösung (in chlorierten Lösemitteln) und anschließendes Trocknen. Die getrocknete Mischung wird zwischen Teflonfolien unter Aufschmelzen zu Filmen gepresst.

Die verwendeten Arzneistoffe können sowohl hydrophil als auch lipophil sein. Als hydrophile Modellsubstanz dient Gentamicin, als lipophile Enoxacin. Es lassen sich Wirkstoffgehalte von bis zu 20 gew% erzielen.

#### Beladung von Netzwerken durch Quellung

Die Wirkstoffbeladung der Polymernetzwerke (die in Form von dünnen Filmen vorliegen, Gewicht ca. 60 mg) erfolgt durch Quellung in einem 100-fachen Überschuss (V/m) an Wirk-

stofflösung über einen definierten Zeitraum. Im Allgemeinen beträgt die Quellungsdauer 24 h (eine Sättigung der Wirkstoffaufnahme wird jedoch schon nach etwa 1,5 h erreicht). Dabei wird von gesättigten Lösungen von Enoxacin in Chloroform bzw. in Ethylacetat, von Nitrofurantoin in Dioxan und von Ethacridinlactat in einem Lösungsmittelgemisch gleicher Massenanteile an Chloroform bzw. Ethylacetat und 2-Propanol ausgegangen. Anschließend werden die gequollenen Materialien aus der Lösung genommen. Die Polymernetzwerke werden bei 60 °C im Vakuum (1 mbar) getrocknet. In Tab. 1 sind die durch Quellung wirkstoffbeladenen Netzwerke in Abhängigkeit von der verwendeten gesättigten Wirkstofflösung aufgeführt.

Tab 1: Beispiele zur Wirkstoffbeladung von Polymernetzwerken durch Quellung in einer gesättigten Wirkstofflösung.

| Beispiel | Netzwerk      | Gesättigte Wirkstofflösung                        |
|----------|---------------|---------------------------------------------------|
| 1        | N-CG(14)-3    | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 2        | N-CG(14)-3    | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 3        | N-CG(14)-5    | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 4        | N-CG(14)-5    | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 5        | N-CG(14)-7    | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 6        | N-CG(14)-7    | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 7        | N-CG(14)-10   | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 8        | N-CG(14)-10   | Enoxacin-Chloroform                               |
| 9        | N-CG(14)-10   | Nitrofurantoin-Dioxan                             |
| 10       | N-CG(14)-10   | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 11       | N-CG(14)-10   | Ethacridinlactat-Chloroform/2-Propanol (1:1 w/w)  |
| 12       | N-CG(0)-10    | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 13       | N-CG(0)-10    | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 14       | N-CG(12)-10   | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 15       | N-CG(12)-10   | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 16       | N-CG(21)-10   | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 17       | N-CG(21)-10   | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 18       | N-CG(30)-10   | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 19       | N-CG(30)-10   | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 20       | AB-CG(0)-10   | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 21       | AB-CG(0)-10   | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 22       | AB-CG(12)-10  | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 23       | AB-CG(12)-10  | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 24       | AB-CG(14)-10  | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 25       | AB-CG(14)-10  | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 26       | AB-CG(21)-10  | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 27       | AB-CG(21)-10  | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 28       | N-CG(14)TOH-5 | Enoxacin-Ethylacetat                              |
| 29       | N-CG(14)TOH-5 | Ethacridinlactat-Ethylacetat/2-Propanol (1:1 w/w) |
| 30       | N-LG(18)-10   | Enoxacin-Chloroform                               |
| 31       | N-LG(18)-10   | Nitrofurantoin-Dioxan                             |
| 32       | N-LG(18)-10   | Ethacridinlactat-Chloroform/2-Propanol (1:1 w/w)  |

N-CG = Netzwerk aus Caprolacton-co-glycolid Segmenten

AB-CG-10 = AB Netzwerk aus Caprolacton-co-glycolid Segmenten, Copolymer n-Butylacrylat

N-CG(14)TOH-5 = Copolyesterurethannetzwerk aus Oligo[( $\epsilon$ -hydroxycaproat)-co-glycolat]tetraol und Diisocyanat

N-LG(18)-10 = Copolyesterurethannetzwerk aus Oligo[(rac-lactat)-co-glycolat]tetraol und Diisocyanat

Die Zahlen in Klammern geben den molaren Anteil an Glycolat an, bezogen auf das eingesetzte Makromonomer, die anderen Zahlen benennen Mn für die eingesetzten Makromonomere, jeweils in 1000 g/mol (5 = 5000 g/mol)

Tabelle 2 zeigt exemplarisch den Wirkstoffgehalt einiger Netzwerke - beladen durch das Quellverfahren - bestimmt durch verschiedene Methoden.

Tab. 2: Wirkstoffgehalt von Netzwerken.  $\mu_{ws}$  ist der Wirkstoffanteil in der Matrix bezogen auf die Gesamtmasse, Q der Quellungsgrad in der Wirkstofflösung,  $k_v$  der Verteilungskoeffizient und  $\delta$  der Löslichkeitsparameter der Wirkstoffe.

| Netzwerk / Wirkstoff                | $\mu_{ws}$ (1) | $\mu_{ws}$ (2) | $\mu_{ws}$ (3) | Q            | $k_v$ | $\delta$           |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------------|--------------|-------|--------------------|
|                                     | Mass.-%        | Mass.-%        | Mass.-%        | Vol.-%       | -     | MPa <sup>1/2</sup> |
| N-CG(14)-10 / Enoxacin <sup>+</sup> | 0,72           |                |                | 930 $\pm$ 60 | 0,33  | 29,1               |
| N-CG(14)-10 / Nitrofurantoin        | 1,65           | 2,2            | 2,7            | 910 $\pm$ 80 | 0,63  | 31,7               |
| N-CG(14)-10 / Ethacridinlactat      | 0,60           | 0,5            | 1,6            | 530 $\pm$ 10 | 0,47  | 28,6               |
| N-LG(18) / Enoxacin                 | 2,56           |                |                | 740 $\pm$ 20 | 2,35  | 28,08              |
| N-LG(18) / Nitrofurantoin           | 1,40           |                |                | 790 $\pm$ 10 | 0,50  | 31,73              |
| N-LG(18) / Ethacridinlactat         | 1,49           |                |                | 390 $\pm$ 10 | 1,43  | 27,62              |

(1) UV/VIS-spektroskopische Gehaltsbestimmung nach der Methanolyse des Netzwerks

(2) Gehaltsbestimmung durch Massenzunahme des Netzwerks nach Beladung

(3) Gehaltsbestimmung berechnet aus der Konzentrationsabnahme des Wirkstoffs in der Lösung

#### Beladung von Netzwerken in situ und Vernetzung

Zunächst wird eine 10%ige (m/V) Lösung der Präpolymere (Dimethacrylate) in einem Lösungsmittelgemisch gleicher Massenanteile an Dichlormethan und 2-Propanol angefertigt. Ein Anteil zwischen 0,2 Mass.-% und 6,6 Mass.-% Ethacridinlactat (bezogen auf die Gesamtmasse der wirkstoffhaltigen Matrix) wird zugefügt. Diese Lösung wird bei 50 °C eingeeengt und anschließend bei 70 °C etwa 2 h im Vakuum (1 mbar) getrocknet. Ausgehend

von dieser Zweikomponenten-Mischung wird die Vernetzung, wie folgt beschrieben, durchgeführt.

Die photochemische Vernetzung der Makrodimehacrylate erfolgt zwischen zwei Glasplatten unter Einsatz eines Heraeus Noble Light Excimer Laborsystems (308 nm). Die Glasform befindet sich in einem Abstand von 7,5 cm auf einer regelbaren Heizplatte bei  $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  unterhalb der UV-Röhren. Die Wärmeübertragung von der Heizplatte zu der Glasplatte wird durch einen Metallblock gewährleistet. Die Bestrahlungsdauer der Proben beträgt 30 min für die Netzwerke N-CG und 60 min für die AB-Netzwerke AB-CG.

Tab. 3: Bezeichnung, Zusammensetzung und Quellverhalten der Netzwerke mittels *in situ*-Inkorporierung von Ethacridinlactat. Molarer Glycolatanteil  $\chi_G$  und zahlenmittlere Molmasse  $M_n$  der verwendeten Makrodiethacrylate nach  $^1\text{H}$ -NMR-Spektroskopie; Massenanteil des Wirkstoffs  $\mu_{ws}$  bezogen auf die Gesamtmasse. Q ist der Quellungsgrad in  $\text{CHCl}_3$  und G der Gelgehalt

| Netzwerk                 | $\chi_G$ | $M_n$               | $\mu_{ws}$ | Q              | G       |
|--------------------------|----------|---------------------|------------|----------------|---------|
|                          | mol-%    | $\text{g mol}^{-1}$ | Mass.-%    | Vol.-%         | Mass.-% |
| N-CG(14)-3-Etha(1)Dsp    | 13       | 3500                | 1,0        | $610 \pm 10$   | 71      |
| N-CG(14)-5-Etha(1)Dsp    | 14       | 4900                | 1,0        | $640 \pm 40$   | 92      |
| N-CG(14)-10-Etha(0,2)Dsp | 14       | 12800               | 0,2        | $900 \pm 10$   | 84      |
| N-CG(14)-10-Etha(1)Dsp   | 14       | 12800               | 1,0        | $980 \pm 20$   | 85      |
| N-CG(14)-10-Etha(2)Dsp   | 14       | 12800               | 2,0        | $1020 \pm 110$ | 62      |
| N-CG(14)-10-Etha(4)Dsp   | 14       | 12800               | 3,9        | $980 \pm 40$   | 75      |
| N-CG(14)-10-Etha(5)Dsp   | 14       | 12800               | 4,8        | $1040 \pm 20$  | 71      |
| N-CG(14)-10-Etha(6)Dsp   | 14       | 12800               | 5,7        | $1080 \pm 150$ | 53      |
| N-CG(0)-10-Etha(1)Dsp    | 0        | 10800               | 1,0        | $850 \pm 50$   | 93      |
| N-CG(21)-10-Etha(1)Dsp   | 21       | 13500               | 1,0        | $1040 \pm 20$  | 67      |



### Hydrolytische Abbauxperimente

Die Hydrolyseexperimente werden an planaren Probekörpern mit einer Fläche von 10 mm × 15 mm und einer Dicke von etwa 0,2 mm (Poly(esterurethan)netzwerke) bzw. 0,5 mm (photochemisch vernetzte Polymere) in 15 mL Zentrifugengefäßen aus Polypropylen durchgeführt. Die Probekörper werden vor dem Experiment jeweils dreimal mit Hexan-Fraktion gewaschen und im Vakuum (1 mbar) getrocknet. Anschließend wird die Masse ( $m_{\text{ini}}$ ) jeder Probe bestimmt. Als Abbaumedium dient eine phosphatgepufferte wässrige Lösung aus  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ( $0,1 \text{ mol}\mu\text{L}^{-1}$ ) und  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ( $0,063 \text{ mol}\mu\text{L}^{-1}$ ) mit pH 7,0. Die Kapazität der Pufferlösung eines Volumens von 15 mL reicht aus, um 85 mmol Säure abzapuffern. Um das Wachstum von Mikroorganismen während des Abbaus zu vermeiden, wird der Pufferlösung  $0,25 \text{ gDL}^{-1}$  Natriumazid zugesetzt. Das Hydrolyseexperiment wird ohne Austausch des Abbaumediums unter regelmäßiger Kontrolle des pH-Werts in einem temperierbaren Schüttelwasserbad bei 37 °C oder 70 °C mit 60 Rotationen pro Minute durchgeführt. Die Temperatur wird dabei auf  $\pm 0,1 \text{ K}$  genau geregelt.

Die Anzahl der separat abgebauten Proben einer Reihe entspricht der Zahl der festgesetzten Messzeitpunkte. Zu dem jeweilig definierten Zeitpunkt wird die Probe dem Hydrolysemedium entnommen. Nach dem Abtupfen mit Zellstoff wird ihre Masse ( $m_{\text{h}}$ ) bestimmt. Anschließend wird die Probe bei 30 °C im Vakuum (1 mbar) getrocknet und wiederum gewogen ( $m_{\text{ht}}$ ). Anhand dieser Messgrößen wird das Massenverhältnis  $\mu_{\text{rel}}$  und die Wasseraufnahme H in Mass.-% während des hydrolytischen Abbaus bestimmt.

$$(1) \quad \mu_{\text{rel}} = \frac{m_{\text{ht}}}{m_{\text{ini}}}$$

$$(2) \quad H = \frac{m_{\text{h}} - m_{\text{ini}}}{m_{\text{ini}}}$$

### Freisetzungsexperimente der wirkstoffhaltigen Polymernetzwerke

Die Bestimmung der Wirkstofffreisetzung aus Polymernetzwerken erfolgt anhand von planaren Probekörpern einer Größe von 1 cm × 1 cm mit einer Dicke von etwa 0,2 mm (Poly(esterurethan)netzwerke) bzw. 0,5 mm (photochemisch vernetzte Polymere). Die Probekörper werden in verschließbaren 15 mL Polypropylen-Zentrifugenröhrchen von allen Seiten von 4 mL des Freisetzungsmediums umspült. Als Freisetzungsmedium dient eine phosphatgepufferte wässrige Lösung aus  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  ( $0,1 \text{ mol}\mu\text{L}^{-1}$ ) und  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ( $0,063 \text{ mol}\mu\text{L}^{-1}$ ) mit pH 7,0.

Das Freisetzungsexperiment wird in einem temperierbaren Schüttelwasserbad bei 37 °C mit 60 Rotationen pro Minute durchgeführt. Die Temperatur wird dabei auf  $\pm 0,1$  K genau geregelt. Durch den vollständigen Austausch des Freisetzungsmediums in bestimmten Zeitabständen wird ermöglicht, dass eine Wirkstoffkonzentration von 10% der Sättigungskonzentration im Freisetzungsmedium nicht überschritten wird (*sink* Bedingungen). Der Versuch ist beendet, wenn der gesamte Wirkstoff freigesetzt ist. Die Erstellung des Freisetzungsprofils erfolgt durch die Bestimmung des freigesetzten Wirkstoffs mittels UV-Vis-Spektrometrie. Die resultierenden Freisetzungsprofile repräsentieren das arithmetische Mittel aus der parallelen Bestimmung der Freisetzung von jeweils drei Proben eines Materials.

Falls das Freisetzungsexperiment beendet wird, bevor der Wirkstoff vollständig aus der Matrix freigesetzt ist, ist eine Gehaltsbestimmung des verbleibenden Wirkstoffs in dem Polymernetzwerk erforderlich. Die Matrix wird dem Freisetzungsmedium entnommen, mit Zellstoff abgetupft und bei 35 °C im Vakuum (1 mbar) getrocknet. Unter Zugabe von 5 mL Chloroform werden die Netzwerke gequollen und mit Hilfe eines Glasstabs mechanisch zerstört. Unter Zugabe von 5 mL Chloroform werden die gequollenen, enoxacinhaltigen Fragmente extrahiert. Bei ethacridinlactathaltigen Netzwerken erfolgt die Extraktion unter Zugabe von 5 mL 2-Propanol. Nach 2 h wird über eine Glasfritte P4 filtriert und die Wirkstoffkonzentration des Filtrat photometrisch bestimmt. Der in der Matrix verbliebene Wirkstoffanteil wird zu dem im Freisetzungsexperiment additiv ermittelten Anteil addiert.

**Patentansprüche**

1. Wirkstofffreisetzungssystem, umfassend ein Form-Gedächtnis-Material (SMP-Material) und mindestens einen Wirkstoff.
2. Wirkstofffreisetzungssystem nach Anspruch 1, wobei das SMP-Material eine oder mehrere Formen im Gedächtnis hat.
3. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das SMP-Material biostabil oder bioabbaubar ist.
4. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Form-Gedächtnis-Effekt zur Veränderung der Wirkstofffreisetzungsrates eingesetzt wird.
5. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Form-Gedächtnis-Effekt zur minimalinvasiven Implantierung eines Wirkstofffreisetzungssystems eingesetzt wird.
6. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Form-Gedächtnis-Effekt durch eine Temperaturveränderung, Licht oder eine Kombination davon ausgelöst wird.
7. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Wirkstofffreisetzungssystem ein Matrixsystem ist, wobei der mindestens eine Wirkstoff in der Matrix verteilt vorliegt.
8. Wirkstofffreisetzungssystem nach Anspruch 7, wobei das Wirkstofffreisetzungssystem eine Veränderung der Wirkstofffreisetzungsrates nach Auslösen des Form-Gedächtnis-Effekts zeigt.
9. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der Ansprüche 7 oder 8, wobei das SMP-Material Einheiten umfasst, abgeleitet von Caprolacton, Lactid, Glykolid und Dioxanon.

10. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei das Wirkstofffreisetzungssystem eine Beschichtung aufweist, zur Modifikation des Freisetzungsverhaltens und/oder der Gewebeverträglichkeit.
11. Wirkstofffreisetzungssystem nach Anspruch 7, wobei das Wirkstofffreisetzungssystem in Laminatform vorliegt, umfassend mindestens einen mit Wirkstoff beladenen Film aus einem SMP-Material, wobei dieser Film auf beiden Oberflächen mit einem an Wirkstoff freien Film laminiert ist.
12. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Wirkstofffreisetzungssystem ein Reservoir an Wirkstoff umfasst und eine Beschichtung und/oder Membran aus einem SMP-Material.
13. Wirkstofffreisetzungssystem nach Anspruch 12, wobei das SMP-Material nach Auslösen des Form-Gedächtnis-Effekts die Freisetzungsrates des Wirkstoffs reguliert.
14. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 3, wobei das Wirkstofffreisetzungssystem ein Reservoir aus einem SMP-Material für den Wirkstoff umfasst und eine Beschichtung und/oder Membran.
15. Wirkstofffreisetzungssystem nach Anspruch 14, wobei der Form-Gedächtnis-Effekt zu einer Formänderung des Reservoirs eingesetzt wird, wodurch die Beschichtung und/oder Membran ihre Durchlässigkeit für den Wirkstoff ändert.
16. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der hydrolytische Abbau des Form-Gedächtnis-Materials die Wirkstofffreisetzung reguliert.
17. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Wirkstoff ein niedermolekularer oder hochmolekularer, hydrophiler oder hydrophober Wirkstoff ist.
18. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Wirkstofffreisetzungssystem als Beschichtung auf einem Implantat vorgesehen ist.

19. Wirkstofffreisetzungssystem nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Wirkstofffreisetzungssystem in der Form von Nanopartikeln, Mikropartikeln, Filmen, Fäden, Zusammensetzungen für die transdermale Wirkstoffverabreichung oder Ähnlichem vorliegt.
20. Verfahren für die Herstellung eines Wirkstofffreisetzungssystems nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend das Lösen eines Wirkstoffs in einem geeigneten Lösungsmittel, einbringen eines Form-Gedächtnis-Netzwerks in die Lösung und Quellen des Netzwerks in der Gegenwart der Wirkstofflösung und Entfernen des gequollenen Netzwerks aus der Lösung.
21. Verfahren für die Herstellung eines Wirkstofffreisetzungssystems nach einem der vorstehenden Ansprüche, umfassend die Vernetzung von Präpolymeren in der Gegenwart eines Wirkstoffs.
22. Verfahren nach Anspruch 21, wobei der Wirkstoff in der zu vernetzenden Mischung gelöst oder dispergiert vorliegt.
23. Verwendung eines Wirkstofffreisetzungssystems nach einem der Ansprüche 1 bis 19 zur Herstellung eines Medikaments mit steuerbarer Wirkstofffreisetzung

## Figuren

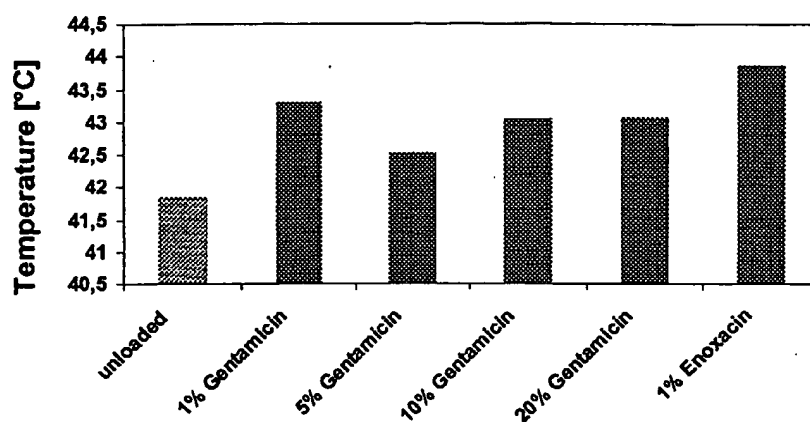


Fig 1: Schmelztemperatur eines thermoplast. Multiblockcopolymers aus Paradioxanon / Caprolacton beladen mit Wirkstoffen

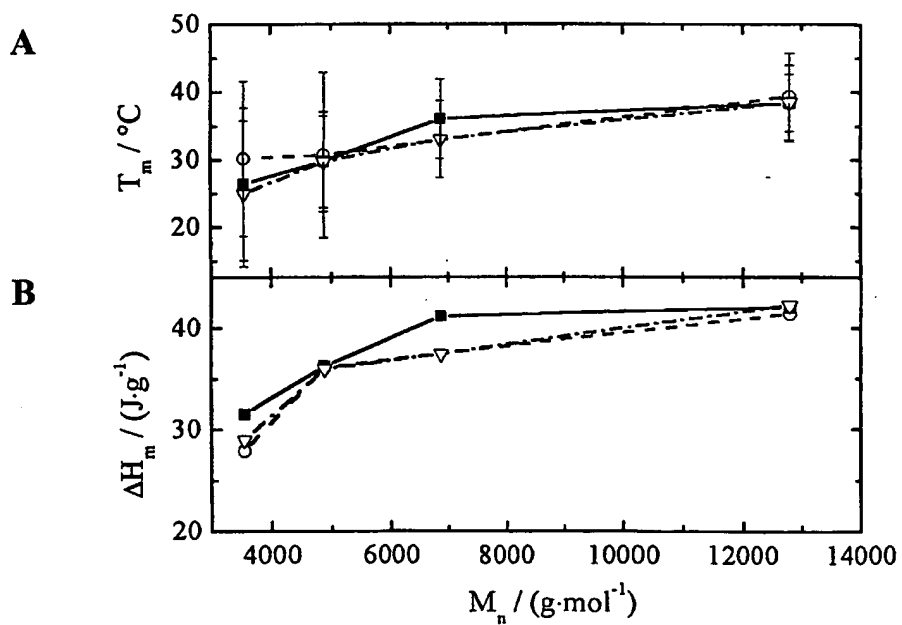


Fig 2 Thermische Eigenschaften von N-CG Netzwerken unterschiedlicher Segmentlängen mit und ohne Ethacridinlactatbeladung. Der Balken gibt die Breite des thermischen Übergangs an.  
 ■ N-CG(14);

- ▼ N-CG(14)-Ethacridin; Wirkstoffbeladung durch Quellung  
 ○ N-CG(14)-Etha(1)Dsp ; Wirkstoffbeladung durch Dispersion mit Präpolymer

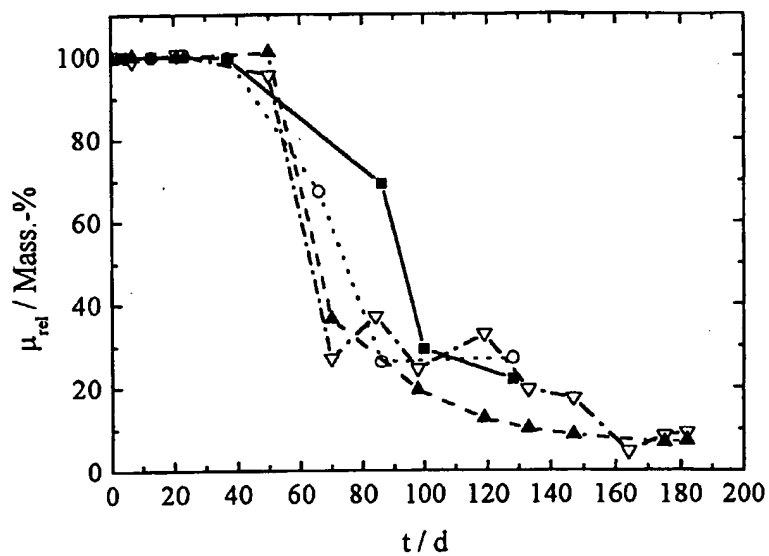


Fig 3: Relativer Massenverlust der wirkstoffhaltigen amorphen Netzwerke N-LG(18)-10 bei 37 °C in einer Phosphatpufferlösung (pH 7,0).

- N-LG(18)-10  
 ▼ N-LG(18)-10-Enoxacin  
 ▲ N-LG(18)-10-Nitrofurantoin  
 ○ N-LG(18)-10-Ethacridin

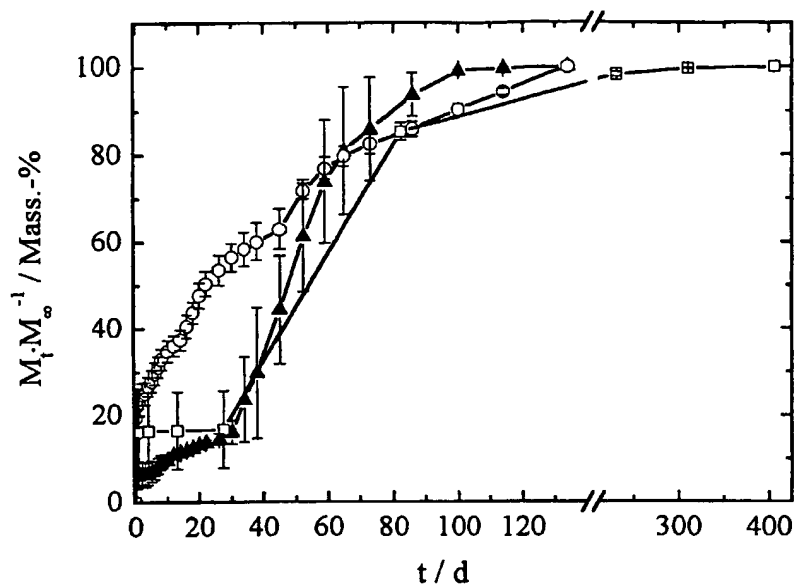


Fig 4: Wirkstofffreisetzung aus amorphen Netzwerken N-LG(18)-10 bei 37 °C in einer Phosphatpufferlösung (pH 7,0). Die Oberfläche, über die der Wirkstoff freigesetzt wird, beträgt 2 cm<sup>2</sup> und die Dicke der Matrix 0,2 mm.  
 $M_t \cdot M_\infty^{-1}$  Massenanteil der aus dem Netzwerk freigesetzten Wirkstoffe  
 Ethacridinlactat (○)  
 Nitrofurantoin (▲)  
 Enoxacin (□)



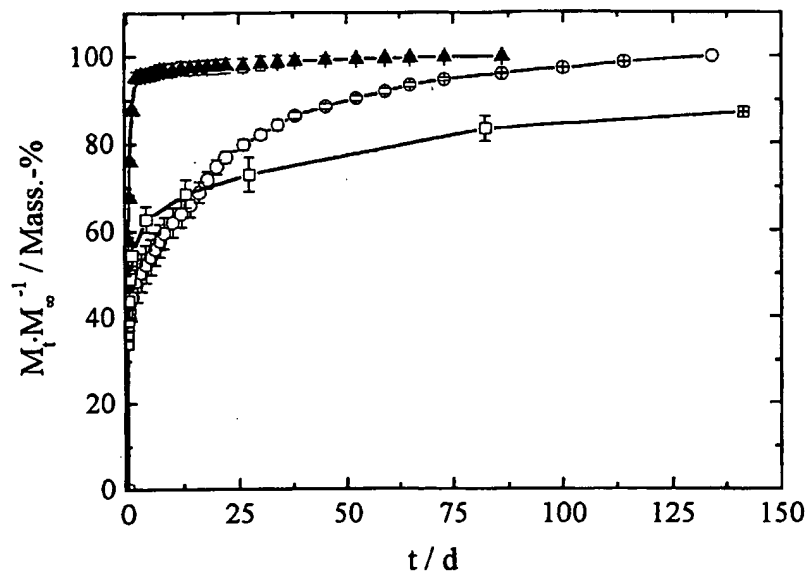


Fig 5: Wirkstofffreisetzung aus kristallinen Netzwerken N-CG(14)-10 bei 37 °C in einer Phosphatpufferlösung (pH 7,0). Die Oberfläche, über die der Wirkstoff freigesetzt wird, beträgt 2 cm<sup>2</sup> und die Dicke der Matrix 0,45 mm.  
 Massenanteil  $M_t/M_\infty$  der aus dem Netzwerk freigesetzten Wirkstoffe  
 Ethacridinlactat (○)  
 Nitrofurantoin (▲)  
 Enoxacin (□)

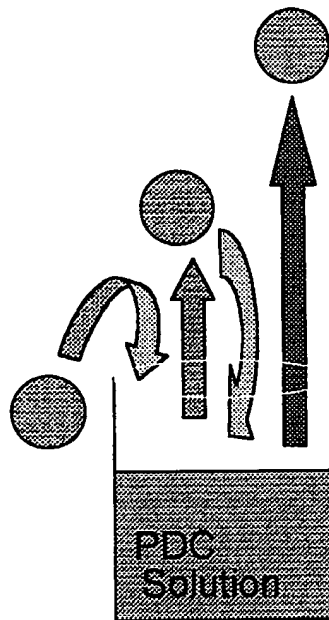


Fig 6: Methode des Dip-Coatings zur Modifizierung von Wirkstofffreisetzungssystemen

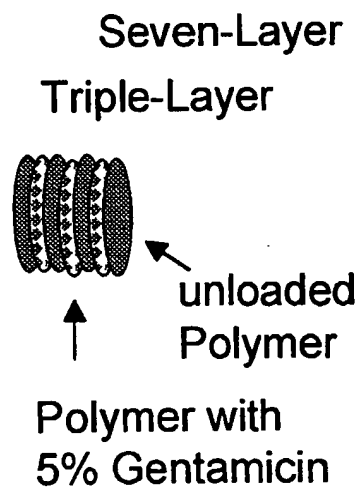


Fig 7: Aufbau von Layer-Systemen

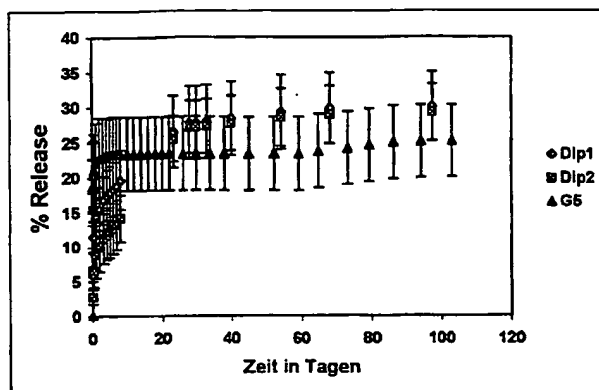


Fig 8: Modifizierung des Release von Gentamicin aus durch Dip Coating (G5 = 5 wt.% Gentamicin enthalten) aus Paradoxanone/ Caprolactone Multiblockcopolymer.  
 Dip 1 einmal in Polymerlösung getaucht  
 Dip 2 zweimal in Polymerlösung getaucht

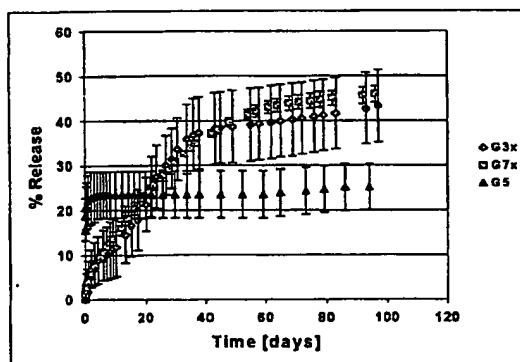
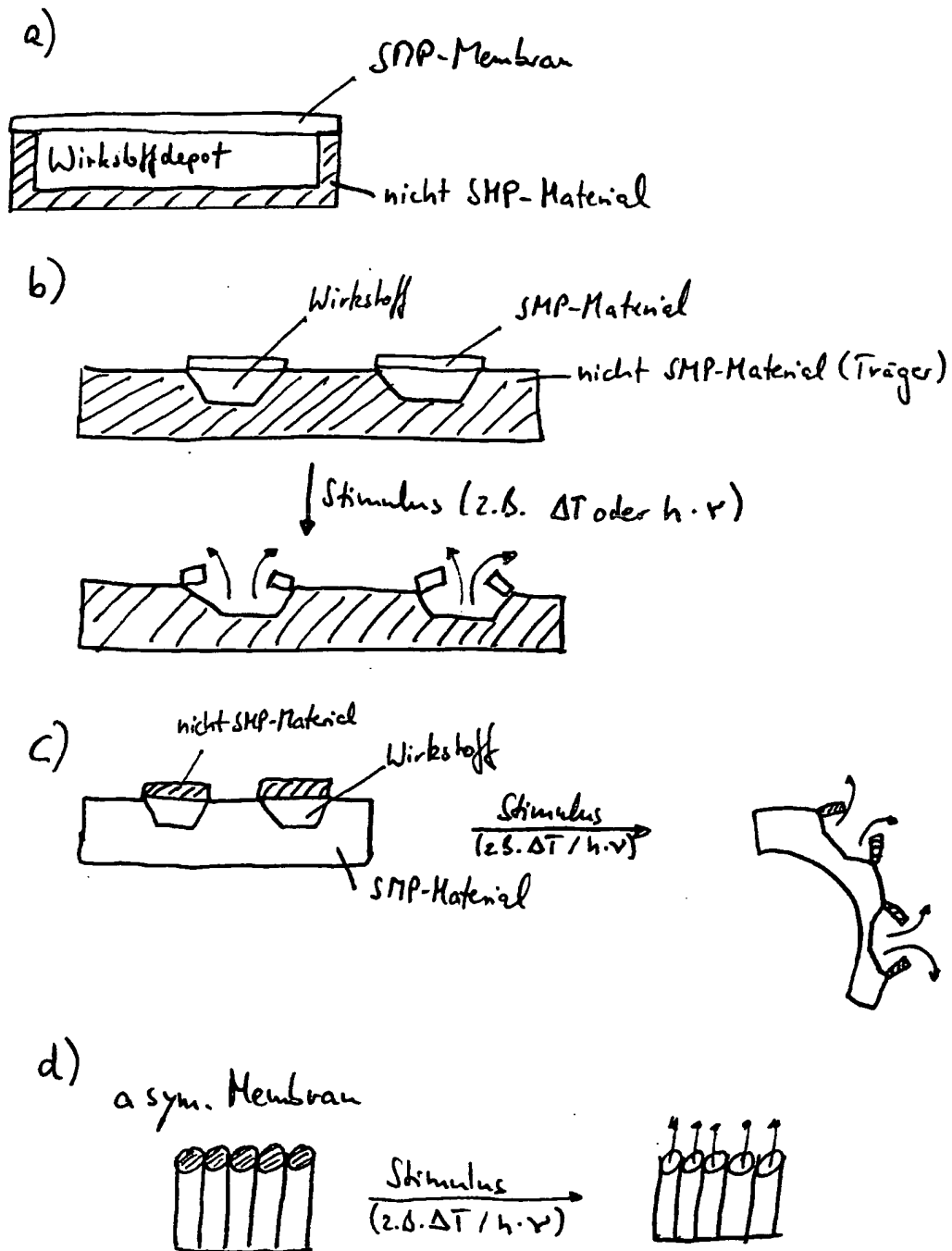


Fig 9: Modifizierung des Release von Gentamicin aus Paradoxanone/ Caprolactone Multiblockcopolymer durch Herstellung von Layer-Systemen (G5 = 5 wt.% Gentamicin enthalten)  
 G3x 3-Layer mit 5 wt.% Gentamicin im mittleren Film  
 G7x 7-Layer mit 3mal 5 wt.% Gentamicin-Filmen umgeben von reinem Polymerfilm

Fig. 10



(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. Januar 2004 (22.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/006885 A3**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **A61K 9/00**,  
9/70, A61L 31/10, 31/14, 31/16, A61K 31/7036, 31/496,  
31/435, 31/4178

(74) Anwalt: **HAMMER, Jens**; Grünecker, Kinkeldey, Stock-  
mair & Schwanhäusser, Maximilianstrasse 58, 80538  
München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007515

(22) Internationales Anmeldedatum:  
10. Juli 2003 (10.07.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
60/395,167 10. Juli 2002 (10.07.2002) US  
60/218,408 14. Juli 2002 (14.07.2002) US  
60/218,760 17. Juli 2002 (17.07.2002) US

(81) Bestimmungsstaaten (*national*): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,  
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR,  
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **MNEMOSCIENCE GMBH** [DE/DE]; CMC, Carl-  
strasse 50, 52531 Übach-Palenberg (DE).

Veröffentlicht:  
— mit internationalem Recherchenbericht

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **LENDLEIN, An-  
dreas** [DE/DE]; Sundgauerstr. 142, 14167 Berlin (DE).  
**STEUER, Susi** [DE/DE]; Reutershaweg 25, 52074  
Aachen (DE). **TULEWEIT, Annika** [DE/DE]; Im Johan-  
nistal 3, 52064 Aachen (DE).

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen  
Recherchenberichts: 18. März 2004

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: SYSTEMS FOR RELEASING ACTIVE INGREDIENTS, BASED ON BIODEGRADABLE OR BIOCOMPATIBLE  
POLYMERS WITH A SHAPE MEMORY EFFECT

(54) Bezeichnung: WIRKSTOFFFREISETZUNGSSYSTEME AUF BASIS VON BIOABBAUBAREN ODER BIOKOMPATIB-  
LEN POLYMEREN MIT FORMGEDÄCHTNISEFFEKT

(57) Abstract: The invention relates to systems for releasing active ingredients by means of shape memory materials.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft Wirkstofffreisetzungssysteme, die Form-Gedächtnis-Materialien ein-  
setzen.



WO 2004/006885 A3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/07515

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 A61K9/00 A61K9/70 A61L31/10 A61L31/14 A61L31/16  
A61K31/7036 A61K31/496 A61K31/435 A61K31/4178

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 A61K A61L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, EMBASE, BIOSIS

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                        | Relevant to claim No.            |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| X          | WO 02 41929 A (HILDEBRAND GESINE ;WACHE<br>HANS MARTIN (DE); EWERT PETER (DE); KAEUF)<br>30 May 2002 (2002-05-30)<br>claims 1-11<br>page 4, line 1 -page 9, line 18<br>page 10, line 29 -page 11, line 32<br>examples 5,6                                 | 1-4,6,7,<br>9,10,17,<br>18,20-23 |
| X          | US 6 160 084 A (GRABLOWITZ HANS ET AL)<br>12 December 2000 (2000-12-12)<br><br>claims 1-25<br>column 4, line 10-47<br>column 4, line 58 -column 7, line 56<br>column 9, line 4 -column 12, line 56<br>column 12, line 58 -column 13, line 10<br>example 1 | 1-7,9,<br>10,13,<br>16-23        |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 November 2003

Date of mailing of the international search report

18/12/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL-2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Schifferer, H

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/07515

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                           | Relevant to claim No.                      |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| X          | WO 99 42528 A (MNEMOSCIENCE GMBH ;LANGER<br>ROBERT S (US)) 26 August 1999 (1999-08-26)<br>cited in the application<br>claims 1-40<br>page 7, line 5 -page 13, line 6<br>page 14, line 30 -page 18, line 15<br>page 21, line 1 -page 27, line 25<br>example 1 | 1-7,9,<br>10,13,<br>16-23                  |
| X          | WO 99 42147 A (MASSACHUSETTS INST<br>TECHNOLOGY) 26 August 1999 (1999-08-26)<br>cited in the application<br>claims 1-25<br>page 6, line 5 -page 12, line 7<br>page 13, line 24 -page 20, line 29<br>example 1                                                | 1-7,9,<br>10,13,<br>16-23                  |
| X          | EP 0 415 671 A (YAMANOUCHI PHARMA CO LTD)<br>6 March 1991 (1991-03-06)<br><br>claims 1,5,6,8-13<br>figure 7<br>page 4, line 33 -page 6, line 9<br>example 22                                                                                                 | 1,2,4,6,<br>8,10,11,<br>13,16,<br>17,20-23 |
| X          | EP 1 000 958 A (TAKIRON CO)<br>17 May 2000 (2000-05-17)<br><br>claims 1-27,30<br>paragraphs '0021!-'0028!<br>paragraphs '0031!-'0048!                                                                                                                        | 1-6,9,<br>13,16,<br>17,19,23               |
| X          | EP 0 422 693 A (THORATEC LAB CORP)<br>17 April 1991 (1991-04-17)<br>claims 1-12<br>page 2, line 28 -page 4, line 43                                                                                                                                          | 1,2,4,6,<br>13,17,23                       |
| X          | US 2001/009982 A1 (FERRERA DAVID A ET AL)<br>26 July 2001 (2001-07-26)<br><br>claims 1-31<br>paragraphs '0061!,'0062!,'0066!,'0067!                                                                                                                          | 1-4,6,8,<br>10,13,<br>17-19,23             |
| E          | US 2003/153972 A1 (HELMUS MICHAEL)<br>14 August 2003 (2003-08-14)<br><br>claims 1-44<br>paragraphs<br>'0024!,'0026!,'0028!-'0031!,'0034!,'0036!,<br>'0038!-'0041!,'0046!,'0049!-'0061!,'0063!                                                                | 1-6,<br>8-10,13,<br>16-19,23               |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP03/07515

## Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☒ Claims Nos.: **1-23 (partially)**  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:  
**see additional sheet FURTHER INFORMATIONS PCT/ISA/210**
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.  
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.



## Continuation of Box I.2

Claims: 1-23 (in part)

1. The current Claims 1, 20, 23 / 2-19, 21, 22 (in part) relate to a compound characterised by a desirable characteristic or property, namely

“a shape memory material”.

The claims therefore encompass all products that have this characteristic or property, but the application provides support by the description (PCT Article 5) for only a limited number of such products. In the present case, the claims lack the proper support and the application lacks the requisite disclosure to such an extent that it appears impossible to carry out a meaningful search covering the entire range of protection sought. Moreover, the claims also lack the requisite clarity (PCT Article 6) since they attempt to define the product by the result that is to be achieved. This lack of clarity too is such that it is impossible to carry out a meaningful search covering the entire range of protection sought. The search was therefore directed to the parts of the claims that appear to be clear, supported or disclosed in the above sense:

- the derivatives disclosed in the applications WO 99/42528 and WO 99/42147 (page 7 of the present description)

- and the terms “shape memory material”, “shape memory polymer” and “SMP” (cf. Claims 1-23 of the present application).

2. The current Claim 9 relates to a compound characterised by a desirable characteristic or property, namely

- that the SMP material includes units derived from caprolactone, lactide, glycolide and dioxane.

The claims therefore encompass all products that have this characteristic or property, but the application provides support by the description (PCT Article 5) for only a limited number of such products. In the present case, the claims lack the proper support and the application lacks the requisite

disclosure to such an extent that it appears impossible to carry out a meaningful search covering the entire range of protection sought. Moreover, the claims also lack the requisite clarity (PCT Article 6) since they attempt to define the product by the result that is to be achieved. This lack of clarity too is such that it is impossible to carry out a meaningful search covering the entire range of protection sought. The search was therefore directed to the parts of the claims that appear to be clear, supported or disclosed in the above sense:

- caprolactone-co-glycolide segments, networks of caprolactone-co-glycolide segments, copolymers in n-butylacrylate, copolyesterurethane networks of oligo[( $\epsilon$ -hydroxycaproate)-co-glycolate]tetraol) and diisocyanate (see page 30 of the present description),

- and the segments "caprolactone", "lactide", "glycolide", "dioxane" (see Claim 9 of the present application), "paradioxanone", "ethylene- or propylenoxide oligomers" (see page 7 of the present description).

The applicant is advised that claims or parts of claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established normally cannot be the subject of an international preliminary examination (PCT Rule 66.1(e)). In its capacity as International Preliminary Examining Authority the EPO generally will not carry out a preliminary examination for subjects that have not been searched. This also applies to cases where the claims were amended after receipt of the international search report (PCT Article 19) or where the applicant submits new claims in the course of the procedure under PCT Chapter II.

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/07515

| Patent document<br>cited in search report |   | Publication<br>date | Patent family<br>member(s)                                                                                                                                                                                                                                     | Publication<br>date                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------|---|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| WO 0241929                                | A | 30-05-2002          | AU 1899502 A<br>WO 0241929 A1<br>DE 20119322 U1<br>EP 1335760 A1<br>NO 20032262 A                                                                                                                                                                              | 03-06-2002<br>30-05-2002<br>21-02-2002<br>20-08-2003<br>18-07-2003                                                                                                                                                           |
| US 6160084                                | A | 12-12-2000          | AU 751861 B2<br>AU 2784599 A<br>BR 9907968 A<br>CA 2316190 A1<br>EP 1056487 A1<br>HU 0100466 A2<br>JP 2002503524 T<br>PL 342899 A1<br>TR 200002450 T2<br>WO 9942147 A1                                                                                         | 29-08-2002<br>06-09-1999<br>17-10-2000<br>26-08-1999<br>06-12-2000<br>28-06-2001<br>05-02-2002<br>16-07-2001<br>22-01-2001<br>26-08-1999                                                                                     |
| WO 9942528                                | A | 26-08-1999          | AU 758800 B2<br>AU 3308499 A<br>BR 9908339 A<br>CA 2316945 A1<br>EP 1062278 A2<br>HU 0102138 A2<br>JP 2002504585 T<br>PL 342996 A1<br>TR 200002451 T2<br>WO 9942528 A2<br>US 2003055198 A1<br>US 6388043 B1                                                    | 27-03-2003<br>06-09-1999<br>02-10-2001<br>26-08-1999<br>27-12-2000<br>28-09-2001<br>12-02-2002<br>16-07-2001<br>21-03-2001<br>26-08-1999<br>20-03-2003<br>14-05-2002                                                         |
| WO 9942147                                | A | 26-08-1999          | AU 751861 B2<br>AU 2784599 A<br>BR 9907968 A<br>CA 2316190 A1<br>EP 1056487 A1<br>HU 0100466 A2<br>JP 2002503524 T<br>PL 342899 A1<br>TR 200002450 T2<br>WO 9942147 A1<br>US 6160084 A                                                                         | 29-08-2002<br>06-09-1999<br>17-10-2000<br>26-08-1999<br>06-12-2000<br>28-06-2001<br>05-02-2002<br>16-07-2001<br>22-01-2001<br>26-08-1999<br>12-12-2000                                                                       |
| EP 0415671                                | A | 06-03-1991          | AT 120367 T<br>AU 645518 B2<br>AU 6199090 A<br>CA 2024450 A1<br>CN 1049787 A<br>DD 297337 A5<br>DE 69018165 D1<br>DE 69018165 T2<br>DK 415671 T3<br>EP 0415671 A2<br>ES 2072987 T3<br>IE 903152 A1<br>JP 3163011 A<br>MX 22149 A<br>NO 903808 A<br>NZ 235076 A | 15-04-1995<br>20-01-1994<br>07-03-1991<br>01-03-1991<br>13-03-1991<br>09-01-1992<br>04-05-1995<br>10-08-1995<br>24-07-1995<br>06-03-1991<br>01-08-1995<br>27-03-1991<br>15-07-1991<br>01-10-1993<br>01-03-1991<br>25-02-1993 |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/07515

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| EP 0415671                                | A  |                     | PT 95141 A                 | 29-05-1992          |
|                                           |    |                     | RU 2070029 C1              | 10-12-1996          |
| EP 1000958                                | A  | 17-05-2000          | AU 763085 B2               | 10-07-2003          |
|                                           |    |                     | US 6281262 B1              | 28-08-2001          |
|                                           |    |                     | EP 1000958 A1              | 17-05-2000          |
|                                           |    |                     | AU 9236298 A               | 18-05-2000          |
| EP 0422693                                | A  | 17-04-1991          | EP 0422693 A2              | 17-04-1991          |
|                                           |    |                     | AT 124072 T                | 15-07-1995          |
|                                           |    |                     | AU 5302086 A               | 29-07-1986          |
|                                           |    |                     | DE 3650342 D1              | 27-07-1995          |
|                                           |    |                     | EP 0211851 A1              | 04-03-1987          |
|                                           |    |                     | JP 62501778 T              | 16-07-1987          |
|                                           |    |                     | US 5506300 A               | 09-04-1996          |
|                                           |    |                     | WO 8603980 A1              | 17-07-1986          |
|                                           |    |                     | US 5814705 A               | 29-09-1998          |
| US 2001009982                             | A1 | 26-07-2001          | US 6241691 B1              | 05-06-2001          |
|                                           |    |                     | AU 1711799 A               | 28-06-1999          |
|                                           |    |                     | EP 1219246 A2              | 03-07-2002          |
|                                           |    |                     | EP 1035808 A2              | 20-09-2000          |
|                                           |    |                     | JP 2001525217 T            | 11-12-2001          |
|                                           |    |                     | US 6159165 A               | 12-12-2000          |
|                                           |    |                     | WO 9929260 A2              | 17-06-1999          |
|                                           |    |                     | US 6168570 B1              | 02-01-2001          |
|                                           |    |                     | US 2001023325 A1           | 20-09-2001          |
|                                           |    |                     | US 6616617 B1              | 09-09-2003          |
| US 2003153972                             | A1 | 14-08-2003          | WO 03068288 A1             | 21-08-2003          |

# INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP 03/07515

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br>IPK 7 A61K9/00 A61K9/70 A61L31/10 A61L31/14 A61L31/16<br>A61K31/7036 A61K31/496 A61K31/435 A61K31/4178                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| <b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b><br>Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)<br>IPK 7 A61K A61L                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)<br>EPO-Internal, PAJ, WPI Data, EMBASE, BIOSIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| Kategorie*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                                                                                | Betr. Anspruch Nr.                                               |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | WO 02 41929 A (HILDEBRAND GESINE ; WACHE<br>HANS MARTIN (DE); EWERT PETER (DE); KAEUF)<br>30. Mai 2002 (2002-05-30)<br>Ansprüche 1-11<br>Seite 4, Zeile 1 -Seite 9, Zeile 18<br>Seite 10, Zeile 29 -Seite 11, Zeile 32<br>Beispiele 5,6                           | 1-4,6,7,<br>9,10,17,<br>18,20-23                                 |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | US 6 160 084 A (GRABLOWITZ HANS ET AL)<br>12. Dezember 2000 (2000-12-12)<br>Ansprüche 1-25<br>Spalte 4, Zeile 10-47<br>Spalte 4, Zeile 58 -Spalte 7, Zeile 56<br>Spalte 9, Zeile 4 -Spalte 12, Zeile 56<br>Spalte 12, Zeile 58 -Spalte 13, Zeile 10<br>Beispiel 1 | 1-7,9,<br>10,13,<br>16-23                                        |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen         </div> <div> <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie         </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| <div style="display: flex;"> <div style="flex: 1;"> <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> </div> <div style="flex: 1;"> <p>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*G* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                  |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche<br>19. November 2003                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                   | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts<br>18/12/2003 |
| Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax (+31-70) 340-3016                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                   | Bevollmächtigter Beauftragter<br>Schifferer, H                   |

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                            |
|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Kategorie*                                           | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile                                                                                                                                                                             | Betr. Anspruch Nr.                         |
| X                                                    | WO 99 42528 A (MNEMOSCIENCE GMBH ; LANGER ROBERT S (US))<br>26. August 1999 (1999-08-26)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Ansprüche 1-40<br>Seite 7, Zeile 5 -Seite 13, Zeile 6<br>Seite 14, Zeile 30 -Seite 18, Zeile 15<br>Seite 21, Zeile 1 -Seite 27, Zeile 25<br>Beispiel 1 | 1-7,9,<br>10,13,<br>16-23                  |
| X                                                    | WO 99 42147 A (MASSACHUSETTS INST TECHNOLOGY) 26. August 1999 (1999-08-26)<br>in der Anmeldung erwähnt<br>Ansprüche 1-25<br>Seite 6, Zeile 5 -Seite 12, Zeile 7<br>Seite 13, Zeile 24 -Seite 20, Zeile 29<br>Beispiel 1                                                        | 1-7,9,<br>10,13,<br>16-23                  |
| X                                                    | EP 0 415 671 A (YAMANOUCI PHARMA CO LTD)<br>6. März 1991 (1991-03-06)<br><br>Ansprüche 1,5,6,8-13<br>Abbildung 7<br>Seite 4, Zeile 33 -Seite 6, Zeile 9<br>Beispiel 22                                                                                                         | 1,2,4,6,<br>8,10,11,<br>13,16,<br>17,20-23 |
| X                                                    | EP 1 000 958 A (TAKIRON CO)<br>17. Mai 2000 (2000-05-17)<br><br>Ansprüche 1-27,30<br>Absätze '0021!-'0028!<br>Absätze '0031!-'0048!                                                                                                                                            | 1-6,9,<br>13,16,<br>17,19,23               |
| X                                                    | EP 0.422 693 A (THORATEC LAB CORP)<br>17. April 1991 (1991-04-17)<br>Ansprüche 1-12<br>Seite 2, Zeile 28 -Seite 4, Zeile 43                                                                                                                                                    | 1,2,4,6,<br>13,17,23                       |
| X                                                    | US 2001/009982 A1 (FERRERA DAVID A ET AL)<br>26. Juli 2001 (2001-07-26)<br><br>Ansprüche 1-31<br>Absätze '0061!,'0062!,'0066!,'0067!                                                                                                                                           | 1-4,6,8,<br>10,13,<br>17-19,23             |
| E                                                    | US 2003/153972 A1 (HELMUS MICHAEL)<br>14. August 2003 (2003-08-14)<br><br>Ansprüche 1-44<br>Absätze<br>'0024!,'0026!,'0028!-'0031!,'0034!,'0036!,<br>'0038!-'0041!,'0046!,'0049!-'0061!,'0063!                                                                                 | 1-6,<br>8-10,13,<br>16-19,23               |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP 03/07515

## Feld I Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr.  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich
  
2. ☒ Ansprüche Nr. 1-23 (zum Teil)  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich  
siehe Zusatzblatt WEITERE ANGABEN PCT/ISA/210
  
3. ☐ Ansprüche Nr.  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

## Feld II Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
  
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
  
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr.
  
4. ☐ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:

Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Fortsetzung von Feld I.2

Ansprüche Nr.: 1-23 (zum Teil)

1. Die geltenden Patentansprüche 1, 20, 23 / 2-19, 21,22 (zum Teil) beziehen sich auf eine Verbindung, jeweils charakterisiert durch eine erstrebenswerte Eigenheit oder Eigenschaft, nämlich

"ein Form-Gedächtnis-Material".

Die Patentansprüche umfassen daher alle Produkte, die diese Eigenheit oder Eigenschaft aufweisen, wohingegen die Patentanmeldung Stütze durch die Beschreibung im Sinne von Art. 5 PCT nur für eine begrenzte Zahl solcher Produkte liefert. Im vorliegenden Fall fehlen den Patentansprüchen die entsprechende Stütze bzw. der Patentanmeldung die nötige Offenbarung in einem solchen Maße, daß eine sinnvolle Recherche über den gesamten erstrebten Schutzbereich unmöglich erscheint. Desungeachtet fehlt den Patentansprüchen auch die in Art. 6 PCT geforderte Klarheit, nachdem in ihnen versucht wird, das Produkt über das jeweils erstrebte Ergebnis zu definieren. Auch dieser Mangel an Klarheit ist dergestalt, daß er eine sinnvolle Recherche über den gesamten erstrebten Schutzbereich unmöglich macht. Daher wurde die Recherche auf folgende Teile der Patentansprüche gerichtet, welche im o.a. Sinne als klar, gestützt oder offenbart erscheinen:

die Derivate offengelegt in den Anmeldungen WO 99/42528 und W09942147 (Seite 7 vorliegender Beschreibung)

sowie die Begriffe "Form-Gedächtnis-Material", "Form-Gedächtnis-Polymer", "SMP", "shape memory material", "shape memory polymer" (vergleiche Ansprüche 1-23 vorliegender Anmeldung).

2. Der geltende Patentanspruch 9 bezieht sich auf eine Verbindung, jeweils charakterisiert durch eine erstrebenswerte Eigenheit oder Eigenschaft, nämlich dass

das SMP-Material Einheiten, abgeleitet von Caprolacton, Lactid, Glykolid und Dioxanon, umfasse.

Die Patentansprüche umfassen daher alle Produkte, die diese Eigenheit oder Eigenschaft aufweisen, wohingegen die Patentanmeldung Stütze durch die Beschreibung im Sinne von Art. 5 PCT nur für eine begrenzte Zahl solcher Produkte liefert. Im vorliegenden Fall fehlen den Patentansprüchen die entsprechende Stütze bzw. der Patentanmeldung die nötige Offenbarung in einem solchen Maße, daß eine sinnvolle Recherche über den gesamten erstrebten Schutzbereich unmöglich erscheint. Desungeachtet fehlt den Patentansprüchen auch die in Art. 6 PCT geforderte Klarheit, nachdem in ihnen versucht wird, das Produkt über das jeweils erstrebte Ergebnis zu definieren. Auch dieser Mangel an Klarheit ist dergestalt, daß er eine sinnvolle Recherche über den gesamten erstrebten Schutzbereich unmöglich macht. Daher wurde die Recherche auf folgende Teile der Patentansprüche gerichtet, welche im o.a. Sinne als klar, gestützt oder offenbart erscheinen:



## WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Caprolacton-coglycolid Segmente, Netzwerk aus Caprolacton-co-glycolid Segmenten, Copolymer n-Butylacrylat, Copolyesterurethannetzwerk aus Oligo(epsilon-hydroxycaproat-co-glycolat-tetraol und Diisocyanat (siehe Seite 30 vorliegender Beschreibung)

sowie die Segmente "Caprolacton", "Lactid", "Glycolid", "Dioxanon" (siehe Anspruch 9 vorliegender Anmeldung), "Paradioxonon", "Ethylen- oder Propylenoxidoligomere" (siehe Seite 7 vorliegender Beschreibung).

Der Anmelder wird darauf hingewiesen, daß Patentansprüche, oder Teile von Patentansprüchen, auf Erfindungen, für die kein internationaler Recherchenbericht erstellt wurde, normalerweise nicht Gegenstand einer internationalen vorläufigen Prüfung sein können (Regel 66.1(e) PCT). In seiner Eigenschaft als mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde wird das EPA also in der Regel keine vorläufige Prüfung für Gegenstände durchführen, zu denen keine Recherche vorliegt. Dies gilt auch für den Fall, daß die Patentansprüche nach Erhalt des internationalen Recherchenberichtes geändert wurden (Art. 19 PCT), oder für den Fall, daß der Anmelder im Zuge des Verfahrens gemäß Kapitel II PCT neue Patentansprüche vorlegt.

# INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Patentzeichen

PCT/EP 03/07515

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie                                                                                                                                                                                                                              | Datum der<br>Veröffentlichung                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| WO 0241929 A                                       | 30-05-2002                    | AU 1899502 A<br>WO 0241929 A1<br>DE 20119322 U1<br>EP 1335760 A1<br>NO 20032262 A                                                                                                                                                                              | 03-06-2002<br>30-05-2002<br>21-02-2002<br>20-08-2003<br>18-07-2003                                                                                                                                                           |
| US 6160084 A                                       | 12-12-2000                    | AU 751861 B2<br>AU 2784599 A<br>BR 9907968 A<br>CA 2316190 A1<br>EP 1056487 A1<br>HU 0100466 A2<br>JP 2002503524 T<br>PL 342899 A1<br>TR 200002450 T2<br>WO 9942147 A1                                                                                         | 29-08-2002<br>06-09-1999<br>17-10-2000<br>26-08-1999<br>06-12-2000<br>28-06-2001<br>05-02-2002<br>16-07-2001<br>22-01-2001<br>26-08-1999                                                                                     |
| WO 9942528 A                                       | 26-08-1999                    | AU 758800 B2<br>AU 3308499 A<br>BR 9908339 A<br>CA 2316945 A1<br>EP 1062278 A2<br>HU 0102138 A2<br>JP 2002504585 T<br>PL 342996 A1<br>TR 200002451 T2<br>WO 9942528 A2<br>US 2003055198 A1<br>US 6388043 B1                                                    | 27-03-2003<br>06-09-1999<br>02-10-2001<br>26-08-1999<br>27-12-2000<br>28-09-2001<br>12-02-2002<br>16-07-2001<br>21-03-2001<br>26-08-1999<br>20-03-2003<br>14-05-2002                                                         |
| WO 9942147 A                                       | 26-08-1999                    | AU 751861 B2<br>AU 2784599 A<br>BR 9907968 A<br>CA 2316190 A1<br>EP 1056487 A1<br>HU 0100466 A2<br>JP 2002503524 T<br>PL 342899 A1<br>TR 200002450 T2<br>WO 9942147 A1<br>US 6160084 A                                                                         | 29-08-2002<br>06-09-1999<br>17-10-2000<br>26-08-1999<br>06-12-2000<br>28-06-2001<br>05-02-2002<br>16-07-2001<br>22-01-2001<br>26-08-1999<br>12-12-2000                                                                       |
| EP 0415671 A                                       | 06-03-1991                    | AT 120367 T<br>AU 645518 B2<br>AU 6199090 A<br>CA 2024450 A1<br>CN 1049787 A<br>DD 297337 A5<br>DE 69018165 D1<br>DE 69018165 T2<br>DK 415671 T3<br>EP 0415671 A2<br>ES 2072987 T3<br>IE 903152 A1<br>JP 3163011 A<br>MX 22149 A<br>NO 903808 A<br>NZ 235076 A | 15-04-1995<br>20-01-1994<br>07-03-1991<br>01-03-1991<br>13-03-1991<br>09-01-1992<br>04-05-1995<br>10-08-1995<br>24-07-1995<br>06-03-1991<br>01-08-1995<br>27-03-1991<br>15-07-1991<br>01-10-1993<br>01-03-1991<br>25-02-1993 |

# INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationaler Patentzeichen

PCT/EP 03/07515

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| EP 0415671 A                                       |                               | PT 95141 A                        | 29-05-1992                    |
|                                                    |                               | RU 2070029 C1                     | 10-12-1996                    |
| EP 1000958 A                                       | 17-05-2000                    | AU 763085 B2                      | 10-07-2003                    |
|                                                    |                               | US 6281262 B1                     | 28-08-2001                    |
|                                                    |                               | EP 1000958 A1                     | 17-05-2000                    |
|                                                    |                               | AU 9236298 A                      | 18-05-2000                    |
| EP 0422693 A                                       | 17-04-1991                    | EP 0422693 A2                     | 17-04-1991                    |
|                                                    |                               | AT 124072 T                       | 15-07-1995                    |
|                                                    |                               | AU 5302086 A                      | 29-07-1986                    |
|                                                    |                               | DE 3650342 D1                     | 27-07-1995                    |
|                                                    |                               | EP 0211851 A1                     | 04-03-1987                    |
|                                                    |                               | JP 62501778 T                     | 16-07-1987                    |
|                                                    |                               | US 5506300 A                      | 09-04-1996                    |
|                                                    |                               | WO 8603980 A1                     | 17-07-1986                    |
|                                                    |                               | US 5814705 A                      | 29-09-1998                    |
| US 2001009982 A1                                   | 26-07-2001                    | US 6241691 B1                     | 05-06-2001                    |
|                                                    |                               | AU 1711799 A                      | 28-06-1999                    |
|                                                    |                               | EP 1219246 A2                     | 03-07-2002                    |
|                                                    |                               | EP 1035808 A2                     | 20-09-2000                    |
|                                                    |                               | JP 2001525217 T                   | 11-12-2001                    |
|                                                    |                               | US 6159165 A                      | 12-12-2000                    |
|                                                    |                               | WO 9929260 A2                     | 17-06-1999                    |
|                                                    |                               | US 6168570 B1                     | 02-01-2001                    |
|                                                    |                               | US 2001023325 A1                  | 20-09-2001                    |
|                                                    |                               | US 6616617 B1                     | 09-09-2003                    |
| US 2003153972 A1                                   | 14-08-2003                    | WO 03068288 A1                    | 21-08-2003                    |

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**